

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

University Mohamed khider Biskra

Faculté des Sciences Exactes et Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Sciences Agronomiques



N°ordre:

Série :

THÈSE

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE DOCTORAT EN SCIENCES
AGRONOMIQUES

OPTION : AGRICULTURE ET ENVIRONNEMENT EN REGIONS ARIDES

Présentée par : ADOUANE Selma

THÈME

**Etude de l'activité insecticide des huiles essentielles de
quelques plantes médicinales sur la pyrale des dattes
Ectomyelois ceratoniae (Zeller)**

Devant le jury composé de :

Mme. REDOUANE-SALAH Sara	Professeur	Présidente	Université de Biskra
Mme. BOUATROUS Yamina	Professeur	Directrice	Université de Biskra
Mr. MEHAOUA Mohamed Seghir	Professeur	Co-directeur	Université de Biskra
Mme. SALHI Nasrine	Professeur	Examinatrice	Université de Ouargla
Mr. BEN SALAH Mohamed Kamel	D.R	Examineur	CRSTRA
Mr. FARHI Yassine	D.R	Examineur	CRSTRA

Année universitaire: 2022/2023

Remerciements

En premier lieu, je remercie Allah le Tout Puissant de m'avoir donné la volonté, la santé et le courage pour réaliser ce travail.

*Je tiens à remercier Madame **BOUATROUS Yamina**, Professeur à l'université Mohamed Khaled Biskra, ma directrice de thèse. Qu'elle trouve ici l'expression de ma très vive reconnaissance pour sa disponibilité, son aide, ses conseils, ainsi qu'à ses qualités relationnelles et humaines.*

*Mes vifs remerciements vont également à mon co-directeur le professeur **MEHAOUA Mohamed Seghir** de l'Université de Biskra, pour son inestimable soutien et son encouragements au cours de ma formation, aussi sa contribution dans la réalisation de ce travail.*

J'exprime mes remerciements et ma profonde gratitude Au :

*Dr. **REDOUANE-SALAH Sara** d'avoir bien voulu présider le jury et juger ce travail.*

*Pr. **SALHI Nasrine** d'avoir acceptée d'évaluer ce travail.*

*Pr. **BENSALAH Mohamed Kamel** pour avoir voulu faire partie de jury.*

*Dr. **FARHI Yassine** d'avoir accepté d'examiner ce travail.*

*Je réserve une attention toute particulière à monsieur **OUDJEHIL Bachir**, Professeur à l'université de Batna 1 pour sa contribution à l'identification des plantes Médicinales.*

*Je tiens à remercier également monsieur **TUDELA Jose**, Professeur à l'université de Murcie-Espagne pour les échantillons des huiles essentielles et les analyses de GC/MS*

Je remercie aussi le personnel de la station régionale de Protection des Végétaux de (SNPV), à Feliache – Biskra

J'adresse également un grand merci aux techniciens du laboratoire à l'université de Biskra.

Je ne peux remercier tous cela sans parler de mes collègues de l'institut technique de l'agriculture sahariene (ITDAS) pour leur soutien moral

C'est avec émotion que je tiens à remercier tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques.

RÉSUMÉ

Le présent travail consiste en une étude sur l'activité insecticide des huiles essentielles de dix plantes médicinales de la région méditerranéenne, sur la pyrale des dattes *Ectomyelois ceratoniae*, qui est considérée comme un ravageur dangereux, polyphage et le déprédateur le plus redoutable des dattes. Cette étude a débuté par un sondage ayant pour but l'analyse des pratiques, des connaissances, et la prise de conscience des phoeniculteurs de la région des Ziban par rapport aux risques et aux effets secondaires liés à l'utilisation des insecticides sur la santé humaine et l'environnement. La deuxième partie a porté sur l'extraction des huiles essentielles par la technique d'hydrodistillation et à leur caractérisation physicochimique par la technique de chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC/MS). Cette dernière a permis l'identification de la quasi-totalité des constituants de ces huiles qui sont principalement des monoterpènes (oxygénés et hydrocarbures). Dans la troisième partie, nous nous sommes intéressés à l'efficacité des huiles essentielles caractérisées par le biais d'un essai de contrôle de la population d'*E. ceratoniae* à l'aide des tests de contact, de fumigation et d'ingestion. Les résultats de nos bioessais ont permis de sélectionner l'huile essentielle de l'*Artemisia herba alba* algérien comme meilleur fumigant ($CL_{50}=0,11$ mg/mL), antiappétant ($CL_{50}=1,16$ mg/mL) et le plus inhibiteur. Les huiles essentielles de l'*Eucalyptus globulus* algérien et *Rosmarinus officinalis* algérien sont les moins toxiques pour tous les stades de développement de l'*E. ceratoniae*. Ces huiles essentielles peuvent être considérées comme des sources de composés bioactifs de lutte contre la pyrale des dattes et utilisées en tant que des alternatives aux insecticides conventionnelles.

Mots clés : Phoeniculture, Huiles essentielles, Concentration létale, *Ectomyelois ceratoniae*, Bio-insecticide, *Thymus algeriensis*.

SUMMARY

The present work consists of a study on the insecticidal activity of essential oils of ten medicinal plants from the Mediterranean region, on the date moth *Ectomyelois ceratoniae*, which is considered a dangerous pest, polyphagous and the most formidable predator of dates. This study began with a survey whose purpose is to analyze the practices, knowledge, and awareness of date palm growers in the Ziban region, compared to the risks or side effects of the use of insecticides on humans health and environment. The second part focused on the extraction of essential oils by the technique of hydrodistillation and their physicochemical characterization by the technique of gas chromatography coupled with mass spectrometry (GC / MS). This technique allowed the identification of almost all of the constituents of these oils, which are mainly monoterpenes (oxygenated and hydrocarbons). In the third part, we were interested in the effectiveness of essential oils characterized in a test to control the population of *E. ceratoniae* using contact, fumigation and ingestion tests. The results of our bioassays made it possible to select the Algerian essential oil of *A. herba alba* as the best fumigant ($CL_{50}=0,11$ mg/mL), antifeedant ($CL_{50}=1,16$ mg/mL) and the most inhibitory. The essential oils of Algerian *E. globulus* and Algerian *R. officinalis* are the least toxic compared to other oils for all stages of development of the date moth. These essential oils can be considered as sources of bioactive compounds against the date moth and used as an alternative to conventional insecticides.

Keywords: Phoeniculture, Essential oils, Lethal dose, *Ectomyelois ceratoniae*, Bio-insecticide, *Thymus algeriensis*.

الملخص

يتلخص هذا العمل في دراسة مدى فاعلية بعض الزيوت الأساسية المستخلصة من عشرة نباتات طبية تنتمي الى منطقة البحر الأبيض المتوسط كمبيدات حشرية، على سوسة التمر *Ectomyelois ceratoniae*، والتي تعتبر آفة خطيرة وسريعة الانتشار على زراعة التمور. بدأت هذه الدراسة باستبيان هدفه تحليل الممارسات والمعرفة والوعي لدى مزارعي النخيل في منطقة الزيبان تجاه المخاطر أو الآثار الجانبية المتعلقة باستخدام المبيدات الحشرية على الصحة البشرية والبيئة. ركز الجزء الثاني على استخلاص الزيوت العطرية بتقنية التقطير المائي وتوصيفها الفيزيائي الكيميائي بتقنية كروماتوغرافيا الغاز المقترنة بمطياف الكتلة (GC/MS). سمح هذا الأخير بتحديد جميع مكونات هذه الزيوت تقريباً، والتي تتكون أساساً من monoterpenes (المؤكسدة والهيدروكربونات). في الجزء الثالث، اهتمنا بفاعلية الزيوت العطرية تجاه حشرة *E. ceratoniae* باستخدام اختبارات التلامس والتبخير والهضم. أتاحت نتائج الاختبارات الحيوية التي أجريناها ان الزيت الأساسي الجزائري *A. herba alba* هو الأفضل سمية عند استعماله كمادة مبخرة ($CL_{50}=0,11$ mg/mL) ومضاد التغذية ($CL_{50}=1,16$ mg/mL) كما يعتبر الأكثر تنبيهاً. تعتبر الزيوت الأساسية المستخلصة من *E. globulus* الجزائري و *R. officinalis* الجزائري الأقل سمية مقارنة بالزيوت الأخرى لجميع مراحل دورة حياة سوسة التمر. يمكن اعتبار هذه الزيوت الأساسية بمثابة مصادر للمركبات النشطة بيولوجياً ضد سوسة التمر كما يمكن استعمالها كبديل للمبيدات الكيميائية.

الكلمات المفتاحية: زراعة النخيل، زيوت عطرية، جرعة قاتلة، *Ectomyelois ceratoniae*، مبيد حشري بيولوجي،

Thymus algeriensis

Sommaire

Introduction générale.....	1
Chapitre I : Enquête sur les conditions d'utilisation des insecticides dans les palmeraies de la région des Ziban et la perception des agriculteurs des risques associés à leur utilisation	
1.1. Introduction.....	3
1.2. Matériel et méthodes.....	7
1.2.1. Présentation de la région d'étude.....	7
1.2.2. Déroulement de l'enquête.....	9
1.3. Résultats et discussion.....	10
1.3.1. Données socio-professionnelles.....	10
1.3.1.1. Age du chef d'exploitation.....	10
1.3.1.2. Niveau d'étude et de formation.....	10
1.3.2. Connaissance agricole.....	11
1.3.2.1. Insecte ravageur le plus rencontré.....	11
1.3.2.2. Origine des connaissances se rapportant aux dégâts provoqués par les ravageurs.....	12
1.3.2.3. Méthode de lutte.....	13
1.3.2.4. Nature de l'insecticide utilisé.....	13
1.3.2.5. Insecticide utilisé contre la pyrale des dattes.....	14
1.3.2.6. Facteurs qui influent le choix de l'insecticide utilisé.....	15
1.3.2.7. Fréquence et période d'utilisation.....	16
1.3.2.8. Mode d'utilisation.....	16
1.3.2.9. Source d'approvisionnement.....	17
1.3.3. Perception des risques humains et environnementaux.....	18
1.3.3.1. Equipements de protection.....	18
1.3.3.2. Etat sanitaire.....	19
1.3.3.3. Risques environnementaux.....	20
1.3.3.4. Présence de résidus des insecticides dans les dattes.....	21
1.3.3.5. Qualité des dattes.....	22
1.4. Conclusion.....	23

Chapitre II: Etude phytochimique des huiles essentielles de quelques plante médicinales de la région méditerranéenne

2.1. Introduction.....	24
2.2. Matériel et méthodes.....	24
2.2.1. Matériel végétal.....	25
2.2.2. Présentation botanique des plantes étudiées.....	25
2.2.2.1. Romarin.....	25
2.2.2.2. Eucalyptus commun.....	26
2.2.2.3. Armoise blanche.....	27
2.2.2.4. Thymus algeriensis.....	28
2.2.2.5. Thym à hivers.....	29
2.2.2.6. Sauge.....	29
2.2.3. Méthodes.....	30
2.2.3.1. Extraction des huiles essentielles.....	30
2.2.3.2. Détermination du rendement.....	31
2.2.3.3. Identification et quantification des composants volatils des huiles essentielles par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (CPG-SM).....	32
2.2.3.4. Analyse en composantes principales (ACP).....	33
2.3. Résultats et discussion.....	33
2.3.1. Détermination du rendement.....	33
2.3.2. Composition chimique des huiles essentielles extraites à partir de dix plantes étudiées.....	35
2.3.3. Analyse en composantes principales appliquée à l'étude des répartitions des composants chimiques des huiles essentielles en fonction de l'origine géographique.....	38
2.4. Conclusion.....	49

Chapitre III: Effets bioinsecticides des huiles essentielles sur *E. ceratoniae*

3.1. Introduction.....	50
3.2. Matériel et méthodes.....	53
3.2.1. Présentation de l'insecte ravageur.....	53
3.2.2. Elevage de masse.....	57
3.2.3. Etude de la toxicité des huiles essentielles.....	58
3.2.4. Tests de toxicité.....	59

3.2.4.1. Test de toxicité par contact.....	59
3.2.4.2. Test de toxicité par inhalation.....	69
3.2.4.3. Test de toxicité par ingestion.....	60
3.2.5. Analyses statistiques.....	60
3.2.5.1. Correction de la mortalité.....	60
3.2.5.2. Calcul de la CL ₅₀	60
3.2.5.3. Teste ANOVA.....	60
3.3. Résultats et discussion.....	61
3.3.1. Tests par inhalation.....	61
3.3.1.1. Effet insecticide des huiles essentielles de l' <i>A.herba alba</i> Alg et Esp sur la longévité des adultes.....	61
3.3.1.2. Effet insecticide de l'huile essentielle de <i>S. officinalis</i> Alg et Esp sur la longévité des adultes	62
3.3.1.3. Effet insecticide de l'huile essentielle de <i>T. algériensis</i> et <i>T. hyemalis</i> sur la longévité des adultes.....	62
3.3.1.4. Effet insecticide de l'huile essentielle de <i>R. officinalis</i> Alg et Esp sur la longévité des adultes.....	63
3.3.1.5. Effet insecticide de l'huile essentielle de l' <i>E. globolus</i> Alg et Esp sur la longévité des adultes.....	64
3.3.2. Tests par ingestion.....	64
3.3.2.1. Effet insecticide des huiles essentielles de l' <i>A.herba alba</i> Alg et Esp sur les larves de premier stade.....	64
3.3.2.2. Effet insecticide des huiles essentielles de <i>T.algeriensis</i> et <i>T. hyemalis</i> sur les larves de premier stade.....	65
3.3.2.3. Effet insecticide des huiles essentielles de l' <i>E. globolus</i> Alg et Esp sur les larves de premier stade.....	66
3.3.2.4. Effet insecticide des huiles essentielles de <i>S. officinalis</i> Alg et Esp sur les larves de premier stade.....	67
3.3.2.5. Effet insecticide des huiles essentielles de <i>R. officinalis</i> Alg et Esp sur les larves de premier stade.....	68
3.3.3. Tests par contacte.....	69
3.3.4. Efficacité comparée des huiles essentielles des dix plantes étudiées.....	70
3.4. Discussion.....	74

3.5. Conclusion.....	80
Conclusion générale.....	82
Références bibliographiques	85
Annexes	

Liste des tableaux

Tableau 1. Présentation des principaux insecticides utilisés contre la pyrale des dates.....	15
Tableau 2. Caractéristiques de la récolte des différentes plantes étudiées.....	25
Tableau 3. Taux des rendement en huiles essentielles.....	34
Tableau 4: Composition chimique (%) des huiles essentielles.	35
Tableau 5. Variabilité de la composition chimique des différents chémotypes étudiés.....	46
Tableau 6. Inhibition de taux d'éclosion par les huiles essentielles testées en fonction de différentes concentrations.....	69
Tableau 7. Classes hiérarchique des huiles essentielles formées sur la base de la mortalité des adultes de l' <i>E. ceratoniae</i>	70
Tableau 8. Classes hiérarchique des huiles essentielles formées sur la base de la mortalités des larves de l' <i>E. ceratoniae</i>	72
Tableau 9. Classes hiérarchique des huiles essentielles formées sur la base de l'inhibition de taux d'éclosion des oeufs de l' <i>E. ceratoniae</i>	73

Liste des abbreviations

ACTA : Association de Coordination Technique Agricole

ACP : Analyse en composante principale

CL₅₀ : Concentration Létale 50

CPG-SM : Chromatographie en phase Gazeuse couplée à la Spectrométrie de Masse

DSA : Direction des Services Agricoles

FNDA : Fonds National de Développement Agricole

FAO : Food and Agriculture Organization

IPW : Inspection phytosanitaire de wilaya

Rd : Rendement

ONSSA : Office National de Sécurité Sanitaire des produits Alimentaires

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

PNDA : Plan national de développement agricole

PAN : Pesticide Action Network

Liste des figures

Figure 1: Situation géographique de la wilaya de Biskra.....	7
Figure 2: Répartition géographique des palmeraies de la région de Biskra.....	8
Figure 3: Evolution de la superficie phoenicicole dans les Ziban, période 2000-2018.....	9
Figure 4: Répartition des agriculteurs selon l'âge.....	10
Figure 5 : a. Répartition des agriculteurs selon le niveau académique.....	11
b. Répartition de formation agricole chez les agriculteurs interrogés	
Figure 6: Répartition des principaux ravageurs rencontrés.....	12
Figure 7: Origine des connaissances techniques de l'agriculteur.....	12
Figure 8: Répartition des méthodes de luttés utilisées.....	13
Figure 9: Nature de l'insecticide utilisé.....	14
Figure 10. a: Insecticide chimique.....	14
b: Insecticide biologique	
Figure 11. Facteurs déterminants le choix de l'insecticide.....	16
Figure 12. Répartition de mode d'utilisation des insecticides.....	17
Figure 13. Pulvérisation de l'insecticide dans les palmeraies des Ziban.....	17
Figure 14. Répartition des agriculteurs selon la source d'approvisionnement.....	18
Figure 15. Utilisation des moyens de protection par les agriculteurs.....	19
Figure 16. a: Voies principales d'exposition.....	20
b: Accidents rencontrés	
Figure 17. Position des agriculteurs envers l'environnement.....	21
Figure 18. Répartition des agriculteurs selon la présence de résidus des insecticides.....	22
Figure 19. Qualité des dattes obtenues.....	22
Figure 20. <i>Rosmarinus officinalis</i> L.....	26
Figure 21. <i>Eucalyptus commun</i> L.....	27
Figure 22. <i>Artemisia herba alba</i> (Asso.)	28
Figure 23. <i>Thymus algeriensis</i> Boiss.& Reut.....	28
Figure 24. <i>Thymus hyemalis</i> subsp.....	29
Figure 25. <i>Salvia officinalis</i> L.....	30
Figure 26. a: Appareil de type Clevenger.....	31
b: Huile essentielle obtenues	
Figure 27. Huiles essentielles de provenance Espagnole.....	31
Figure 28. Chromatographie en phase gazeuse (CPG/SM).....	32

Figure 29. Projection des variables et des individus étudiés sur le plan (F1-F2).....	39
Figure 30. Projection des variables et des échantillons étudiés sur le plan (F1-F6)	40
Figure 31. Projection des variables et des individus étudiés sur le plan (F1-F8).....	41
Figure 32. Projection des variables et des individus étudiés sur le plan (F1-F3)	42
Figure 33. Projection des variables et des individus étudiés sur le plan (F1-F7).....	43
Figure 34. Projection des variables et des individus étudiés sur le plan (F1-F9)	44
Figure 35. Projection des variables et des individus étudiés sur le plan (F1-F5)	45
Figure 36. Projection des variables et des individus étudiés sur le plan (F1-F4)	46
Figure 37. Répartition géographique d' <i>Ectomyelois ceratoniae</i>	53
Figure 38. Dégâts de <i>Ectomyelois ceratoniae</i> sur les dates.....	54
Figure 39. Adulte de <i>E. ceratoniae</i> : Morphe claire (a) et morphe sombre (b)	55
Figure 40. Œufs de <i>E. ceratoniae</i>	56
Figure 41. Larve de <i>E. ceratoniae</i>	56
Figure 42. Chrysalide de <i>E. ceratoniae</i>	57
Figure 43. Elevage de masse de <i>E. ceratoniae</i>	58
Figure 44. Evolution de la mortalité des adultes de <i>E. ceratoniae</i> en fonction du temps et des différentes concentrations des huiles essentielles de <i>A. herba alba</i> algérien (a) et espagnol (b)	61
Figure 45. Evolution de la mortalité des adultes de <i>E. ceratoniae</i> en fonction du temps et des différentes concentrations des huiles essentielles de <i>S. officinalis</i> d'Algérie (a) et d'Espagne (b)	62
Figure 46. Evolution de la mortalité des adultes de <i>E. ceratoniae</i> en fonction du temps et des différentes concentrations des huiles essentielles de <i>T. hyemalis</i> (a) et <i>T.</i> <i>algeriensis</i> (b)	63
Figure 47. Evolution de la mortalité des adultes de <i>E. ceratoniae</i> en fonction du temps et des différentes concentrations des huiles essentielles de <i>R. officinalis</i> algérien (a) et <i>R.</i> <i>officinalis</i> espagnol (b)	63
Figure 48. Evolution de la mortalité des adultes de <i>E. ceratoniae</i> en fonction du temps et des différentes concentrations des huiles essentielles de <i>E. globulus</i> algérien (a) et espagnol (b)	64
Figure 49. Evolution de la mortalité des larves de 1 ^{ier} stade de <i>E. ceratoniae</i> en fonction du temps et des différentes concentrations de l'huile essentielle de <i>A. herba</i> <i>alba</i> algérien (a) et espagnol (b)	65

- Figure 50.** Evolution de la mortalité des larves de 1^{ier} stade de *l'E. ceratoniae* en 66
fonction du temps et des différentes concentrations des huiles essentielles de *T.*
algeriensis (a) et *T. hyemalis* (b)
- Figure 51.** Evolution de la mortalité des larves de 1^{ier} stade de *l'E. ceratoniae* en 62
fonction du temps et des différentes concentrations des huiles essentielles de *l'E.*
globulus espagnol (a) et *E. globulus* algerien (b)
- Figure 52.** Evolution de la mortalité des larves de 1^{ier} stade de *l'E. ceratoniae* en 67
fonction du temps et des différentes concentrations de l'huile essentielle de *S. officinalis*
espagnol (a) et algerien (b)
- Figure 53.** Evolution de la mortalité des larves de 1^{ier} stade de *l'E. ceratoniae* en 69
fonction du temps et des différentes concentrations des huiles essentielles de *R.*
officinalis algerien (a) et *R. officinalis* espagnol (b)
- Figure 54.** Action des huiles essentielles testées sur les oeufs de *l'E. ceratoniae* 70
(Embryon mort, Oeufs déformés)
- Figure 55.** Classification hiérarchique ascendante des huiles essentielles étudiés selon la 71
mortalité des adultes de *l'E. ceratoniae*
- Figure 56.** Classification hiérarchique ascendante des huiles essentielles étudiés selon la 72
mortalité des larves L1 de *l'E. ceratoniae*
- Figure 57.** Classification hiérarchique ascendante des huiles essentielles étudiés selon la 73
le taux d'inhibition de l'éclosion des oeufs de *l'E. ceratoniae*



*Introduction
générale*

Introduction Générale

Le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) constitue la plante clef de l'écosystème oasien grâce à son adaptation aux conditions climatiques extrêmes, sa morphologie favorisant d'autres cultures sous-jacentes, ses fruits à haute valeur nutritive et ses multiples utilisations de ses dérivés (El Houmaizi, 2002). Dans le désert algérien, cette culture occupe une place de premier rang, avec un nombre total de palmiers dépassant les 18 millions dont 67,6% sont productifs (Benzouche et Cheriet, 2012). Selon Chikh-Salah (2021), le potentiel phoenicicole algérien, s'étend sur une superficie de 180 000 ha avec une production annuelle de dattes avoisinant un million de tonnes. En effet, notre pays compte plus de 1100 cultivars de palmiers dattiers recensés. Il est à signaler que 53% de dattes produites sont de la variété Deglet-Nour. La filière dattes contribue pour une part appréciable à l'économie du pays. La phoeniculture algérienne a connue une augmentation significative de la production dattière, ceci est dû principalement à l'augmentation des surfaces phoenicoles (Dubost, 2002 ; Maatallah, 2004). La région de Biskra est considérée comme la première région dattière du pays fournissant plus de 30% de la production nationale et plus de 35% de la variété Deglet Nour (DSA Biskra, 2015), faisant partie des régions phoenicoles les plus importantes du point de vue de la qualité de production, du patrimoine et de la diversité des cultivars (Benzouche et Cheriet, 2010).

Néanmoins, la filière dattes en Algérie connaît de nombreuses contraintes, liées aux conditions techniques et sociales de la production (Benzouche et Cheriet, 2012) ou à d'autres problèmes d'ordre phytosanitaire (Allam, 2008). Les pertes de production, avant récolte, des cultures mondiales majeures dûes aux ravageurs et aux adventices sont estimées à 35%, sans une protection efficace des cultures, ces pertes seraient de 70% (Popp *et al.*, 2013 ; Deravel *et al.*, 2014). Les problèmes sanitaires ont non seulement réduit la quantité de la production mais aussi la qualité des récoltes. Selon Khoualdia *et al.* (1995), le palmier dattier est soumis aux attaques de plusieurs ravageurs sur la partie végétative et sur les fruits. L'effet de ces dégâts varie en fonction du temps, des conditions climatiques, de l'environnement, mais surtout du degré de prévention et de protection (Al-haidary *et al.*, 1986).

La pyrale des dattes *Ectomyelois ceratoniae* est considérée comme le ravageur le plus dangereux des dattes et comme la principale contrainte à l'exportation (Doumandji, 1981 ; Haddad, 2000). Les dégâts de la pyrale débutent sur le palmier et se poursuivent dans les aires de stockage (Jacques, 1990). Les adultes pondent sur les fruits en début de maturité et les chenilles pénètrent dans les dattes en rampant sous le calice dépréciant ainsi leur qualité

et valeur marchande, envahissant toutes les dattes stockées en trois mois (Jouve *et al.*, 2006). Dhoubi et Jemmazi (1996) ont signalé que *E. ceratoniae* provoque des pertes considérables qui peuvent atteindre les 90% de la production des dates en Algérie, et 40% au Maroc (Bouka *et al.*, 2001). Dans les oasis tunisiennes, la culture de grenadier est en voie de disparition à cause des attaques de la pyrale qui peuvent endommager jusqu'à 80% de la récolte (khoualdia *et al.*, 1996). Aux Etats Unis, la pyrale de dattes est considérée comme l'espèce la plus économiquement nuisible pour la culture du palmier dattier infestant annuellement 10 à 40% de la production (Farrar, 2000 ; Nay et Perring, 2006). Les dégâts causés en Algérie et en Tunisie sont de l'ordre de 4 à 20% dont 70% sont causés par des jeunes chenilles ayant atteint le tiers ou la moitié de leurs développement (khali, 2008). Au moment de la récolte, ce pourcentage peut même parfois atteindre 80% (Munier, 1973). D'après Idder *et al.* (2009), les dégâts occasionnés par cet insecte varient d'un endroit à un autre, d'une année à une autre et d'une variété à une autre. La pyrale des dattes est devenue une menace économique pour la filière des dattes (Norouzi *et al.*, 2008). A cause de la polyphagie de cette espèce et sa large répartition sur des différentes hôtes, il est difficile de trouver une stratégie de lutte efficace, capable de limiter l'ampleur de ses dégâts (Zouiouèche, 2011).

Cependant, les phoeniculteurs se sont tournés vers l'utilisation des produits chimiques, comme moyen de lutte. La lutte chimique, désigne l'attaque offensive par tout produit toxique, visant à empoisonner un organisme nuisible (Lhoste et Grison, 1989). L'utilisation des insecticides conventionnels est le premier moyen de protection utilisé en Algérie (Wertheimer, 1958). L'application exagérée et non raisonnée des pesticides d'une part et la méconnaissance de leur danger par les agriculteurs d'autre part, a aggravé leurs effets néfastes sur la santé humaine, les animaux et l'environnement (Bell, 2000). Ainsi, plusieurs espèces d'insectes ont développé une résistance contre la majorité des insecticides de synthèse utilisés (Georghiou et Lagunes-Tejeda, 1991). Ceci a eu pour conséquence directe, la perte de tout un panel d'insecticides et a rendu difficile l'élaboration de nouvelles molécules.

Des efforts ont été fournis pour développer de nouveaux composés pour les substituer à ceux couramment utilisés. L'exploitation de matières premières renouvelables d'origine végétale pour la fabrication de bio-insecticides correspond à la nécessité de répondre aux réalités environnementales actuelles telles la réduction de la pollution, la lutte contre l'effet de serre, la biodégradabilité du produit et le faible effet toxicologique (Hernandez-Ochoa, 2005). Les recherches se sont concentrées sur les produits naturels bioactifs extraits à partir de nombreuses plantes.

Parmi les molécules présentes en faible quantité (de l'ordre de 1%) à forte valeur ajoutée et dotées d'une activité biologique, citons les huiles essentielles (Jouhault, 2012). Une huile essentielle se définit comme le produit de la distillation d'une plante à consistance huileuse, mais sans corps gras, plus ou moins fluide, voire résinoïde, très odorante, volatile et souvent coloré (Bardeau, 1978). La composition chimique des huiles essentielles est complexe ; plus d'une centaine de composés appartenant à plusieurs familles chimiques peuvent s'y retrouver. Il s'agit des terpènes, alcools, phénols, phénolméthyl-ethers, oxydes, aldéhydes, esters, cétones, lactones, coumarines et composés soufrés (Jouhault, 2012). Les monoterpènes restent les composés majoritaires des huiles essentielles et suscitent un intérêt particulier pour firmes industrielles au vu de leur potentiel bioactif en plus de leur toxicité vis-à-vis des insectes (Shaaya *et al.*, 1991).

C'est ainsi que de nombreux auteurs ont mené des recherches dans le but de mettre en évidence l'effet bioinsecticide de certaines plantes sur de nombreux insectes déprédateurs. Ces substances ont montré des incidences destructrices et inhibitrices de la croissance par effet contact, fumigant et répulsif sur de nombreuses espèces de bio-agresseurs (Mediouni Ben Jemâa, 2015).

Le bassin méditerranéen, à l'instar de nombreuses régions du monde, recèle un patrimoine floristique comportant des taux élevés de diversité végétale et d'endémisme. Il comporte environ 25 000 espèces végétales, soit 10% des plantes connues, alors que sa surface terrestre ne représente que 1,6%. Près de 60% de ces espèces ne se trouvent nulle part ailleurs (Schönfelder, 2014).

Il est utile d'explorer et de valoriser cette flore en utilisant les substances bioactives issues du métabolisme secondaire des plantes, dans différents domaines comme la mise au point de nouvelles formulations de biopesticides.

Dans ce contexte, cette thèse rapporte une expérience réalisée sur deux volets; terrain et laboratoire et dont la principale question de recherche est :

Existe-t-il des moyens, possibilités et alternatives de lutte biologique à base de plantes contre la pyrale des dattes ?

Pour cela nous devons répondre à deux questions essentielles :

- ✓ Quelle est actuellement la situation de l'utilisation des insecticides pour la lutte contre la pyrale des dattes dans les palmeraies des Ziban ?
- ✓ Quelles huiles essentielles extraites du monde végétal, provenant notamment des plantes médicinales autochtones à la région méditerranéenne peuvent prendre l'alternance ou le relais des insecticides chimiques de synthèse ? sont-

elles à même de répondre aux exigences économiques, sanitaires et environnementales ?

La confrontation des résultats des deux volets, nous permettra d'une part de cerner l'importance, la dépendance ainsi que l'adaptation des phoeniculteurs à l'utilisation des insecticides, et d'autre part de dégager des alternatives liées à la possibilité de créer des palmeraies biologiques.

Notre travail s'organise en 3 chapitres principaux. Le premier chapitre est consacré à une enquête portant des informations sur l'utilisation des insecticides dans les palmeraies des Ziban, leur devenir dans les différents compartiments de l'environnement et leur impact sur la santé humaine. Le deuxième chapitre a pour but l'extraction et la caractérisation des huiles essentielles provenant des feuilles de dix espèces de plantes aromatiques originaires de régions méditerranéennes et par conséquent, la comparaison de leurs compositions chimiques mises au jour. Dans le troisième chapitre nous avons étudié la toxicité de ces huiles essentielles caractérisées dans un essai de contrôle de la population de *E. ceratoniae* à l'aide des tests de contact, de fumigation et d'ingestion.

Nous clôturons ce travail de recherche par une conclusion générale et des perspectives.

Chapitre I

" Enquête sur les conditions d'utilisation des insecticides dans les palmeraies de la région des Ziban et la perception des agriculteurs des risques associés à leur utilisation "

1.1. Introduction

Le développement de l'industrialisation, la naissance de nouvelles technologies, l'accroissement de la population, le développement de l'agriculture et la nécessité des pays à améliorer leurs productions agricoles, sont tous liés à la consommation de quantités énormes de pesticides (Ayad-Mokhtari, 2012). Un pesticide, un produit phytosanitaire, un produit agro-pharmaceutique ou bien même un produit antiparasitaire sont des appellations génériques couvrant toutes les substances qui éliminent les organismes nuisibles utilisés dans le secteur agricole ou dans d'autres applications (El Bakouri, 2006). La substance ou le microorganisme qui empêche les organismes nuisibles de s'installer sur les végétaux est dénommé matière active, à laquelle sont associés dans la préparation un certain nombre de formulants (mouillants, solvants, anti-mousses,...) ce qui la rend utilisable par l'agriculteur (ACTA, 2002). Les pesticides sont utilisés généralement pour augmenter les rendements des cultures, conserver les réserves alimentaires, lutter contre les vecteurs de maladies et protéger certaines espèces par une action chimique ou biologique (El-Mrabet, 2009). La consommation mondiale des pesticides est en constante augmentation depuis les années quarante (Mouileh, 2011). Dans les pays en voie de développement, les pesticides sont utilisés en quantités inadaptées/excessives, et la récolte des fruits/légumes est faite sans respect des délais de sécurité (Louchahi, 2015), ce qui laisse inévitablement des résidus qui pourraient nuire à l'environnement et à la santé humaine (PAN, 2005). En Afrique en particulier, beaucoup d'efforts restent à faire pour une meilleure gestion des pesticides. Selon l'OMS (1991), bien que les pays d'Afrique importent moins de 10% des pesticides utilisés dans le monde, ils totalisent la moitié des empoisonnements accidentels et plus de 75% des cas mortels. En Algérie, l'utilisation des pesticides à usage agricole est de plus en plus fréquente, suite à l'augmentation des superficies cultivées (Bouziani, 2007).

Les insecticides forment le groupe de pesticides qui représente le plus de risque pour l'homme. Ce sont les premiers pesticides utilisés en Algérie pour la protection des cultures (Margoum, 2010). Ils doivent être nocifs vis à vis des insectes ravageurs mais relativement inoffensifs pour les organismes non cibles (Louat, 2013). Parmi les insecticides agricoles, il y a lieu de distinguer les produits chimiques et les bioinsecticides. Les composés inorganiques figurent comme les premiers produits utilisés pour combattre les fléaux. Ils sont basés sur des éléments chimiques qui ne se dégradent pas, c'est pourquoi pour beaucoup d'entre eux l'utilisation a de graves effets toxicologiques sur l'environnement. Alors que, les biopesticides peuvent être définis comme des produits phytosanitaires dont le principe actif est à base

Chapitre I : Enquête sur les conditions d'utilisation des insecticides dans les palmeraies de la région des Ziban et la perception des agriculteurs des risques associés à leur utilisation

naturelle (plantes, nématodes, bactéries, levures, champignons, virus,...) exerçant une activité protectrice sur les plantes vis-à-vis d'agents phytopatogènes ou des ravageurs (Thakore, 2006). Ils représentent une alternative viable à l'utilisation des pesticides chimiques conventionnels. En effet, le développement de résistance chez les insectes cibles aux insecticides chimiques et la volonté de préserver l'environnement, ont favorisé l'essor rapide des biopesticides (Louchahi, 2015). Les biopesticides peuvent être utilisés pour protéger les cultures contre des agresseurs occasionnant de grosses pertes de récolte (Lydie, 2010).

A l'heure actuelle, plus de 90% des biopesticides produits à l'échelle mondiale utilisés dans la lutte contre les insectes nuisibles (lépidoptères, diptères et coléoptères) sont dérivés du *Bacillus thuringiensis* (Bt) (Glare et O'Callaghan, 2000). Les ventes des biopesticides représentent moins de 1% du marché mondial potentiel évalué à 5 milliards de dollars (Whalon and Winger, 2003), un pourcentage pouvant atteindre 10 à 15% dans un proche avenir (Bishop, 2002). Cela est dû au coût élevé de leur fabrication comparativement aux insecticides chimiques (Stanbury *et al.*, 1995).

En Algérie, la pyrale de la datte *Ectomyelois ceratoniae* constitue l'une des principales contraintes de la culture du palmier dattier dans les régions de productions des dattes (Doumandji, 1981). Elle provoque des dommages considérables au cours de ses stades larvaires, en affectant une très large gamme de plantes hôtes économiquement importantes ainsi que les dattes stockées (Mehrnejad, 2001). En Algérie les normes d'exportation des dattes sont fixées par les services de la protection des végétaux selon la nature des dattes et les taux d'infestation admis (Deglet Nour catégorie branchette : 2%, la datte Deglet Nour standard : 4% et les dattes sèches : 4-5%) (IPW, 2011). L'état Algérien a initié annuellement dans le cadre du fonds national de développement agricole (FNDA), une opération de lutte chimique contre les plus importants ravageurs de la datte afin d'améliorer la production et la qualité des dattes Algériennes (Bensalah, 2016). Malgré la réussite des applications des insecticides chimiques pour limiter les dégâts des ravageurs des cultures, le système oasien est très fragile et impose l'utilisation d'autres moyens pour combattre les ravageurs sur cette culture (Dhouibi, 2000).

Ce chapitre a été consacré à un sondage qui a pour objectif l'établissement d'une source importante d'informations sur l'utilisation des insecticides par les phoeniculteurs de la région des Ziban toute en évaluant leurs connaissances et leur prise de conscience par rapport aux effets secondaires sur la santé et l'environnement.

1.2. Matériel et méthodes

1.2.1. Présentation de la région d'étude

La région de Biskra représente un ensemble des oasis nommé "Ziban". Elle est située à 450 km de la capitale (Alger) au Sud-Est Algérien ($34^{\circ}51'00''N$, $5^{\circ}43'60''E$), d'une superficie estimée à 21509,80 km², soit 0,91 % du territoire national (Bettiche et al, 2017) et à une altitude de 112 m, ce qui fait d'elle une des villes les plus basses d'Algérie (Farhi, 2001) (Figure 1).

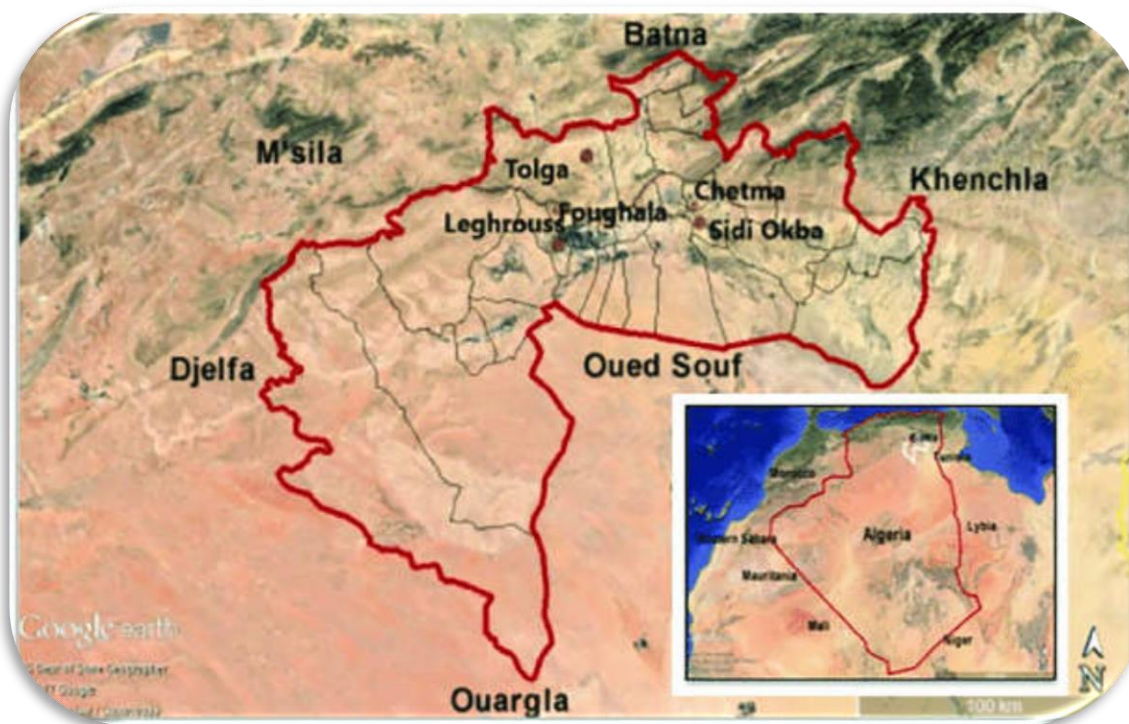


Figure 1. Situation géographique de la wilaya de Biskra (Bedjaoui et Benbouza, 2018).

La wilaya de Biskra comprend 33 communes et 12 daïras, la ville comptait 869215 habitants en 2015 et se place au 10^{ème} rang au niveau national (Wilaya de Biskra, 2020). Elle est classée dans la zone à climat aride (Côte, 1980), semi désertique et rigoureux, caractérisé par de grandes différences d'altitude et d'ensoleillement avec des étés très chauds et secs, et des hivers très froids et secs (ANDI, 2013), une humidité moyenne de 42,3%, une pluviométrie moyenne entre 120 et 150 mm/an et une température moyenne annuelle de 22,7°C, avec une moyenne des minima journaliers de 17,4°C et une moyenne des maxima journaliers de 34,4°C (Tutiempo, 2018). La région de Biskra comporte deux types de systèmes agricoles (DSA Biskra, 2018) :

a. Système de montagne

Ce système représente 12% des superficies agricoles de la wilaya et se distingue par des petites exploitations qui associent au palmier dattier des arbres fruitiers et d'autres cultures de subsistance avec un élevage familial.

Chapitre I : Enquête sur les conditions d'utilisation des insecticides dans les palmeraies de la région des Ziban et la perception des agriculteurs des risques associés à leur utilisation

b. Système Oasien

Il occupe 88% des superficies agricoles et il s'appuie sur l'utilisation des ressources hydriques souterraines. Il se distingue particulièrement par la pratique de la phoeniculture, la céréalière et les cultures maraîchères avec un élevage tout confondu.

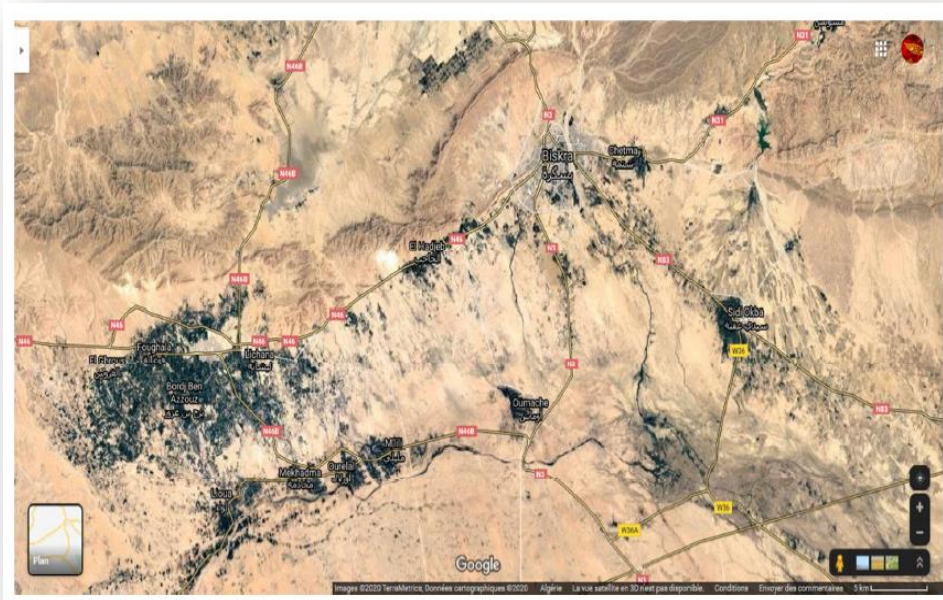


Figure 2. Répartition géographique des palmeraies de la région de Biskra (Google earth, 2022)

La région de Biskra est une région à vocation agricole, en 2006, plus de 46% de la population active travaillait dans ce secteur (Bettiche *et al.*, 2017). Elle est connue en tant que wilaya leader en palmier dattier couvrant la première région phoenicole de la superficie totale nationale (27,4%), 23,1% du nombre total de palmiers dattiers et 41,2% de la production nationale de dattes (Sidab, 2017). D'après les données du DSA Biskra (2019), la superficie phoenicole est en augmentation d'une année à une autre, elle couvrirait 43851 ha en 2018. La wilaya de Biskra a une dissemblance de la répartition de la superficie phoenicole; la majorité est concentrée au Zab El Gharbi avec 77% de la superficie, répartie sur 18 Communes, contre 23% située au Zab El Chergui et exploitée par 15 communes (DSA Biskra, 2018) (Figure 3).

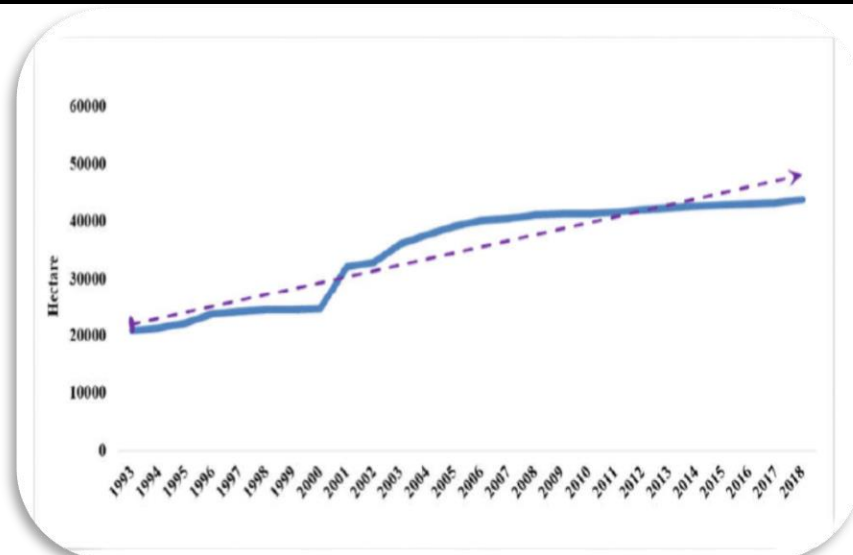


Figure 3. Evolution de la superficie phoenicicole dans les Ziban, période 2000-2018 (DSA Biskra, 2018).

1.2.2. Déroulement de l'enquête

L'objet de notre étude était de mener une enquête auprès des agriculteurs au niveau de la région des Ziban qui représente la région phoenicicole la plus importante d'Algérie. Cette enquête réalisée sur la base des entretiens à travers des fiches questionnaires comportant des questions précises sur le phoeniculteur et son comportement envers le traitement phytosanitaire, mettant en évidence les éléments intervenant dans leur prise de décision, ou par rapport aux risques des insecticides sur la santé humaine et sur l'environnement.

La présente enquête a concerné 70 agriculteurs dispersés dans la wilaya de Biskra. Le choix des différents sites (Tolga, Laghrous, lichana, Bordj Ben Azzouz, lioua) était motivé par l'importance phoenicicole de la zone, tant en quantité qu'en qualité et sur laquelle les insecticides contre les ravageurs des dattes sont les plus utilisés. Ce choix a aussi été dicté par l'importance de l'utilisation des bio-insecticides dans la région, afin de faire une comparaison et d'expliquer le faible recours à l'agriculture bio dans la région. L'enquête est réalisée à l'aide des fiches questionnaires (Annexe 1) durant la période allant du mois de Mai à Novembre 2018. Le contact avec les phoeniculteurs s'est fait directement dans leurs exploitations et le temps consacré à chaque entrevue était d'environ 20 à 45 minutes. Les données recueillies ont été analysé par le logiciel "SPSS Statistics 20".

1.3. Resultats et discussion

1.3.1. Données socio-professionnelles

1.3.1.1. Age du chef d'exploitation

Notre enquête révèle que la tranche d'âge de 55-65 ans est la plus importante dans cette étude (42,86%), suivie par les tranches d'âge 45-55, 35-45, ≥ 65 , 25-35 avec (25,35%), (15,71%), (11,42%) et (4,29%) respectivement (Figure 4). Cela indique que cette activité est pratiquée beaucoup plus par les âgées qui ont plusieurs années d'expérience et délaissé par les jeunes. Ces valeurs confirment les résultats obtenus par Seba (2020) dans une étude au niveau des palmeraies de la région de Biskra et qui montrent que l'âge de 68 ans est le plus fréquent et que les personnes âgées ont plus de connaissances acquises tout au long de leur expérience et par le biais de la transmission des informations d'une génération à l'autre.

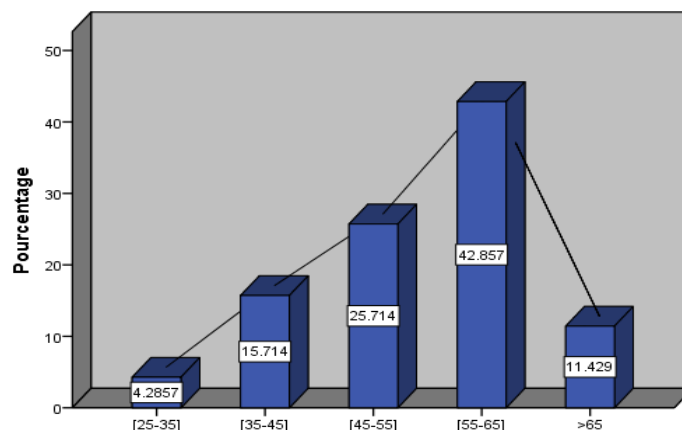


Figure 4. Répartition des agriculteurs selon l'âge

1.3.1.2. Niveau d'étude et de formation

Sur la totalité des enquêtés, les analphabètes dominent avec un pourcentage de 50%. Ce pourcentage est non négligeable chez les personnes ayant un niveau primaire (24,29%) et même plus important chez ceux ayant un niveau secondaires (14,29%), alors que les universitaires viennent en dernier lieu avec un pourcentage de 11,42% (Figure 5). Ces résultats montrent que le faible niveau d'étude des agriculteurs demeure important et que ce niveau bas ne les aide pas à la bonne gestion des leurs exploitations. Par conséquent cela ne leur permettra pas d'assimiler les renseignements en rapport avec la bonne utilisation des pesticides. Dans une étude sur l'utilisation des pesticides chez les agriculteurs de la région de Biskra, Rahmoun *et al.* (2018) ont trouvé que la plupart des participants sont des analphabètes et seulement 10% avaient fait des études universitaires. D'après les données disponibles, la majorité des exploitants n'ont subi aucune formation agricole (77,14%), ce qui révèle l'absence d'une masse de professionnels formés au niveau du secteur agricole.

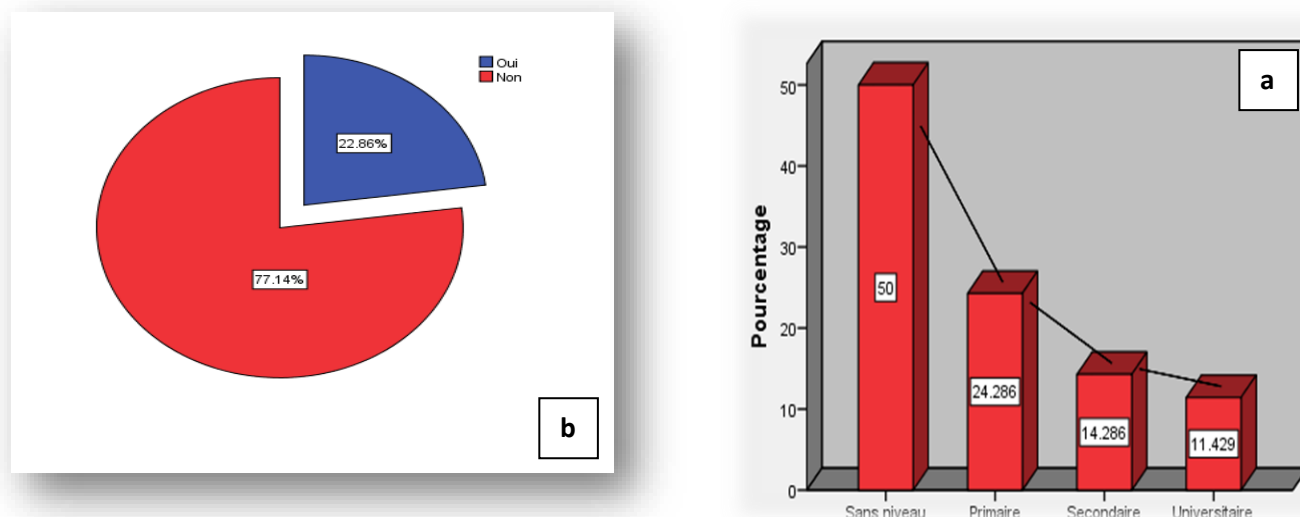


Figure 5. a. Répartition des agriculteurs selon le niveau académique
b. Répartition de formation agricole chez les agriculteurs interrogés

1.3.2. Connaissance agricole

1.3.2.1. Insecte ravageur le plus rencontré

Tous les agriculteurs interrogés ont signalé l'existence de plusieurs ravageurs au niveau de leurs palmeraies. Il s'agit principalement de l'attaque de la pyrale des dattes (30%) suivie par le Boufaroua (27,14%) et la cochenille blanche (25,71%) (Figure 6). Ces résultats coïncident avec ceux obtenus par Chala et Sellami, (2019) qui ont signalé que l'état phytosanitaire des palmeraies de la région ouest de Biskra est caractérisé par la présence de la pyrale des dattes en 1ère position (34,52%), suivie par le Boufaroua (29,99%), le Khmadj (16,37%) et la cochenille blanche (15,46%). Selon Haddad (2000), la pyrale des dattes est considérée comme étant le déprédateur le plus redoutable de la datte et constitue une contrainte principale à l'exportation. Selon Doumandji (1981) ; Acourene *et al.* (2000), la principale zone de multiplication de la pyrale des dattes en Algérie est située le long de l'Oued Rhir, entre Biskra et Ouargla. Dans presque la totalité des palmeraies Algériennes, Idder (1992) a signalé qu' aucune palmeraie n'était indemne de l'attaque de la cochenille blanche et du Boufaroua.

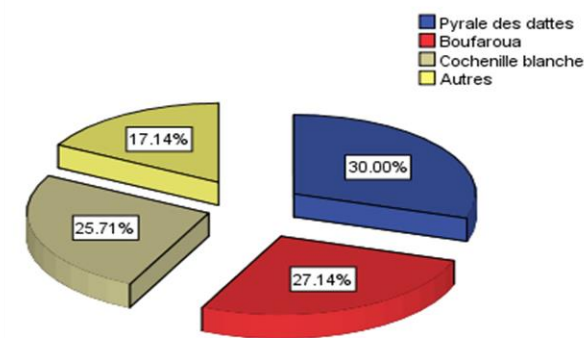


Figure 6. Répartition des principaux ravageurs rencontrés

1.3.2.2. Origine des connaissances se rapportant aux dégâts provoqués par les ravageurs

L'analyse de l'origine de ces connaissances liées aux dégâts observés sur le palmier dattier révèle une prépondérance de l'expérience personnelle acquise durant une longue période pendant laquelle des connaissances se sont accumulées et transmises d'une génération à une autre (71.43%). Le recours aux instituts techniques vient après avec 12,86%. Environ 10% des agriculteurs font appel aux agents de vulgarisation et 5,71% seulement accordent une importance au document (fiche technique, prospectus,...) comme moyen d'accès à la connaissance des dégâts (Figure 7). Cette faible proportion s'explique par le taux d'analphabétisme élevé chez les agriculteurs d'une part, et le faible accès aux ressources d'autre part.

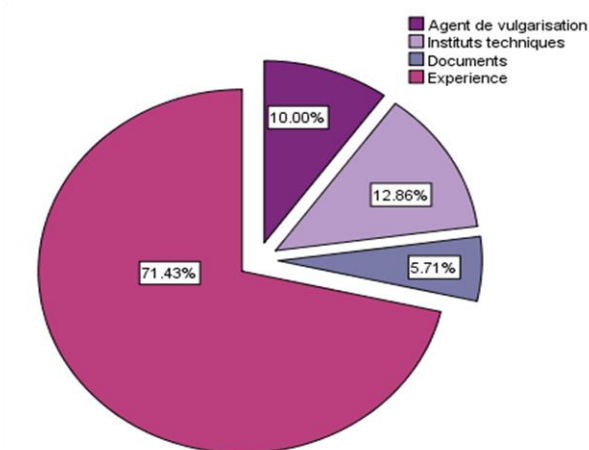


Figure 7. Origine des connaissances techniques de l'agriculteur

1.3.2.3. Méthode de lutte

Dans cette étude, on a remarqué que 65,71% des enquêtés ont appliqué des insecticides à titre préventif. Cette application a pour objectif de protéger les palmiers et d'éviter le développement de certaines maladies ou l'apparition des organismes nuisibles. Les 34,29% restants ont recouru à la lutte curative (Figure 8). Selon Cook *et al.* (1999), une lutte préventive au sein des cultures est toujours plus efficace qu'une lutte curative; en effet, certains insecticides sont efficaces pour lutter contre une maladie de manière préventive, mais sont inefficaces si les maladies sont déjà présentes.

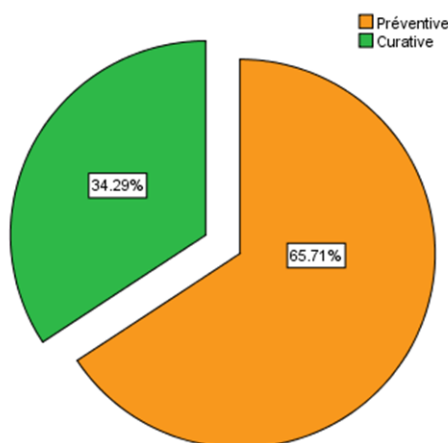


Figure 8. Répartition des méthodes de luttés utilisées

1.3.2.4. Nature de l'insecticide utilisé

Il s'avère d'après notre enquête que 84,29% des agriculteurs utilisent les insecticides chimiques, alors que seulement 15,71% utilisent les insecticides d'origine naturelle (Figure 9). Ces résultats ont montré que l'application des bio-insecticides à la phoeniculture dans la région des Ziban reste à l'heure actuelle peu exploitée, peu organisée et peu encadrée. Ceci s'explique par la conjugaison de plusieurs contraintes, d'ordre socioéconomique, technique et institutionnel, qui entravent le développement de la pratique des bio-insecticides. Par ailleurs, les agriculteurs utilisateurs des biopesticides expliquent leurs choix par l'importance de l'agriculture biologique dans la protection de l'environnement et pour le développement durable. En effet, beaucoup d'entre eux ont déjà converti une grande partie de leurs propriétés en culture bio et le reste est en voie de conversion.

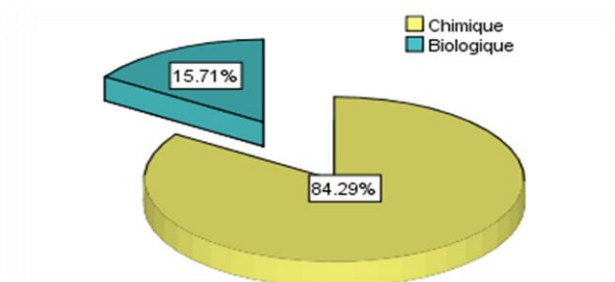


Figure 9. Nature de l'insecticide utilisé



Figure 10. Type d'insecticide (a: Insecticide chimique, b: Insecticide biologique)

1.3.2.5. Insecticide utilisé contre la pyrale des dattes

L'enquête réalisée dans la zone d'étude, a permis d'inventorier les insecticides à usage agricole les plus utilisés contre la pyrale des dattes. Le tableau 1 ci-dessous récapitule les principaux éléments de cet inventaire:

Tableau 1. Présentation des principaux insecticides utilisés contre la pyrale des dattes.

Insecticide	Nature de produit	Matière active	Taux d'utilisation (%)	Dose utilisée
Alphazuron 20% SC	Chimique	Diflubenzuron	60%	50 mL/hL
Bulldock 025 SC		Beta-cyfluthrine	19%	0,5 L/ha
Dimilin 45%		Diflubenzuron	12%	150 mL + 4,8l d'huile minérale/ha
Phytomilin 25 WP		Diflubenzuron	6%	40 g/hl
Dipel DF	Biologique	<i>Bacillus Thuringiensis</i> k	1%	0,1-1 kg/ha 1 L/70 L eau
IAB -BT		<i>Bacillus Thuringiensis</i> k	2%	0,25-0,5 Kg/ha

Chapitre I : Enquête sur les conditions d'utilisation des insecticides dans les palmeraies de la région des Ziban et la perception des agriculteurs des risques associés à leur utilisation

Il ressort de ces résultats qu'il y a une nette dominance des insecticides chimiques par rapport au bioinsecticides. Les bio-insecticides utilisés sont généralement des produits phytosanitaires à base du *Bacillus thuringiensis*, une bactérie qui agit sur les larves de pyrale des dattes (Dhouibi, 1991). Une fois ingérés, elle exerce son effet en lysant les cellules épithéliales de l'intestin moyen, ce qui provoque la paralysie du tube digestif. L'insecte infecté cesse alors de se nourrir et finit par mourir (Adang, 1991 ; Gill *et al.*, 1992 ; Bauer, 1995). On a noté que certains agriculteurs fabriquent eux mêmes leurs propres bioinsecticides en faisant des mélanges d'infusion de poivron, laurier, ail et oignon, ou par l'épandage des poudres de quelques plantes médicinales notamment le thym et le basilic. Il est évident selon les enquêtés que les produits phytosanitaires contribuent d'une manière significative à l'obtention de récoltes saines et abondantes. En effet, d'après nos observations, certains applicateurs ne maîtrisent ni le dosage, ni la rémanence des produits et ils procèdent à des mélanges incompatibles de ces produits dans le souci d'accroître l'efficacité des traitements. Ceci est dû essentiellement à l'analphabétisme, à la non disponibilité des instruments appropriés pour réaliser un dosage précis, et aussi, à la non conviction de l'agriculteur de l'efficacité des petites doses. Ces situations peuvent augmenter le risque de présence de résidus des pesticides dans les dattes.

1.3.2.6. Facteurs qui influent sur le choix de l'insecticide utilisé

Plusieurs paramètres en relation avec l'insecticide vont orienter le choix de l'agriculteur avant d'effectuer un traitement. La figure 11 reprend l'ensemble des facteurs qui peuvent déterminer ce choix.

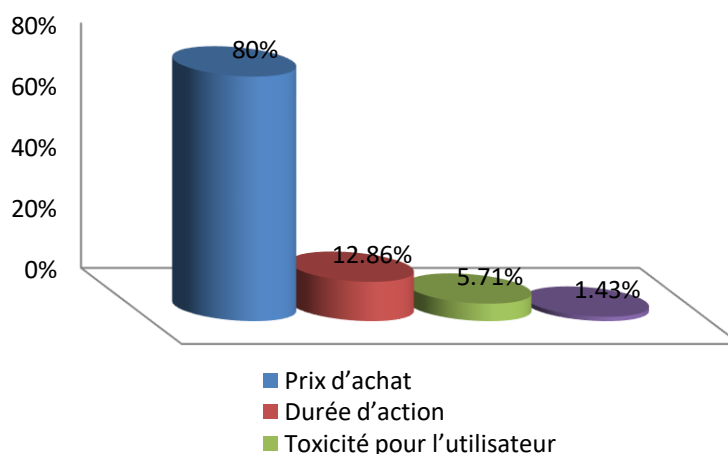


Figure 11. Facteurs déterminants le choix de l'insecticide

Il ressort des résultats obtenus que pour la majorité des agriculteurs, le principal critère qui détermine le choix du produit est le prix d'achat (80%). Quant au délai d'action, seuls 12,86% des

Chapitre I : Enquête sur les conditions d'utilisation des insecticides dans les palmeraies de la région des Ziban et la perception des agriculteurs des risques associés à leur utilisation

agriculteurs en tiennent compte. La toxicité pour l'utilisateur et l'impact sur l'environnement ne semblent pas être importants lors du choix du produit (5,71% et 1,43% respectivement). D'une manière générale, on peut donc conclure que les agriculteurs interrogés ont une préférence pour le produit bon marché et efficace. Quand aux effets à long terme du produit conventionnel sur l'environnement et sur la santé du manipulateur et celle du consommateur, l'agriculteur ne leur accorde pas aucune importance.

1.3.2.7. Fréquence et période d'utilisation

D'après les discussions avec les agriculteurs, nous avons noté que la fréquence d'utilisation des insecticides est conditionnée plutôt par la disponibilité du produit que par la présence des attaques. Dans la majorité des cas, les agriculteurs utilisent un traitement par an pendant la période estivale (Aout, Septembre) (Figure 12) surtout durant le stade Bsar des dattes. Pour la période de forte attaque, les traitements peuvent se faire jusqu'à trois fois par an, selon l'importance des dégats.

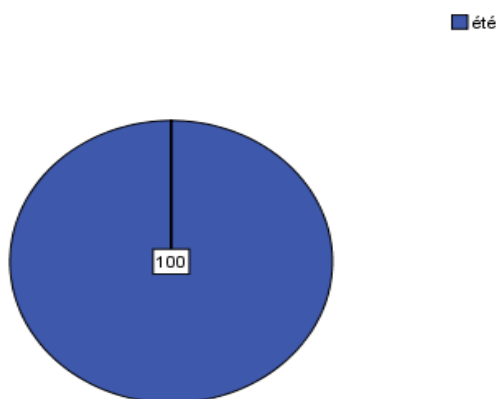


Figure 12. Fréquence d'utilisation des insecticides

1.3.2.8. Mode d'utilisation

Les résultats obtenus ont montré que la totalité des agriculteurs mélangent leurs produits avec de l'eau avant utilisation. Plus de 80% des producteurs utilisent la pulvérisation moderne comme moyen d'épandage des insecticides (Figure 12). Les pulvérisateurs utilisés étaient soit attractifs, d'une capacité de 500 L et 1000 L, et à pression maintenue, soit un pulvérisateur à dos (16 L). Ce dernier type d'appareil concerne les agriculteurs ayant de petites exploitations (< 1 ha). Ces résultats rejoignent ceux de Ais et Ouamane (2018) qui indiquent que 95.23% des agriculteurs algériens enquêtés utilisent des appareils modernes afin d'économiser le temps et l'effort pour couvrir les vastes étendues des champs cultivés. Néanmoins il y a une petite tranche d'agriculteurs qui reste encore dans la pratique simple en utilisant les pulvérisateurs manuels (4.76%), ce sont de petits agriculteurs qui ne possèdent pas des grandes surfaces.

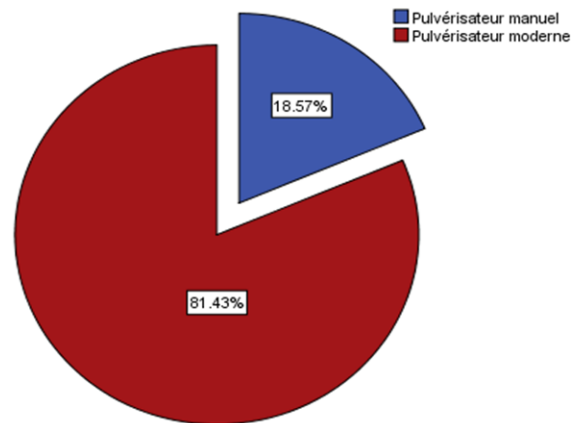


Figure 12. Répartition de mode d'utilisation des insecticides



Figure 13. Pulvérisation d'insecticide dans les palmeraies des Ziban

1.3.2.9. Source d'approvisionnement

En ce qui concerne le lieu d'approvisionnement, la majorité des enquêtés (78,57%) s'approvisionnent auprès des grainetiers. Alors que 18,57% des agriculteurs ont acheté les insecticides auprès d'un distributeur (Figure 14). La libre commercialisation et la multiplicité des points de vente des insecticides facilitent leur accessibilité, y compris les produits périmés. Malgré la réglementation en vigueur en Algérie, les lois ne sont pas appliquées. Les 2,86% restants ont obtenu leurs produits auprès des sub-divisions DSA. Dans la région centrale d'Algérie, Louchahi (2015) a signalé que 98% des agriculteurs ont recouru au détaillant pour l'obtention des produits phytosanitaires contre 12% qui ont recouru aux grossistes.

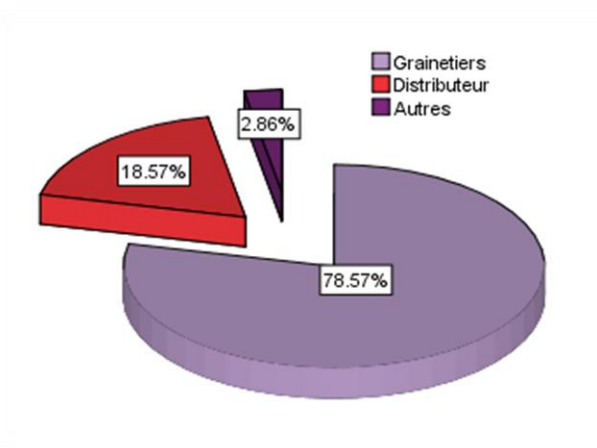


Figure 14. Répartition des agriculteurs selon la source d'approvisionnement

1.3.3. Perception des risques humains et environnementaux

1.3.3.1. Equipements de protection

Les résultats de notre enquête montrent que presque la majorité des agriculteurs ne se protègent pas pendant les opérations de préparation et de l'application des insecticides (78,57%). Bien que la majorité des agriculteurs reconnaissent le danger des pesticides par rapport à leur santé, très peu d'entre eux possèdent des équipements de protection (21,43%) (Figure 15). Ils sont peu convaincus des risques directs qu'ils encourent durant l'utilisation des produits phytosanitaires. Autres raisons qui justifient cette non-protection: l'absence de danger immédiat pour l'opérateur, l'indisponibilité d'équipement de protection et la gêne de changer de vêtements après l'application. Kanda *et al.* (2013) ont montré que le manque de matériels de protection accroît les risques d'intoxication qui, mineurs au début, peuvent devenir graves par bioaccumulation. Cependant, une bonne protection adaptée à l'opérateur suppose l'utilisation conjointe de gants appropriés, de bottes, une combinaison, des masques à cartouche filtrante et des lunettes. Au Maroc, d'après ONSSA (2015), il ressort qu'environ 4% des agriculteurs peuvent prétendre à cette protection recommandée.

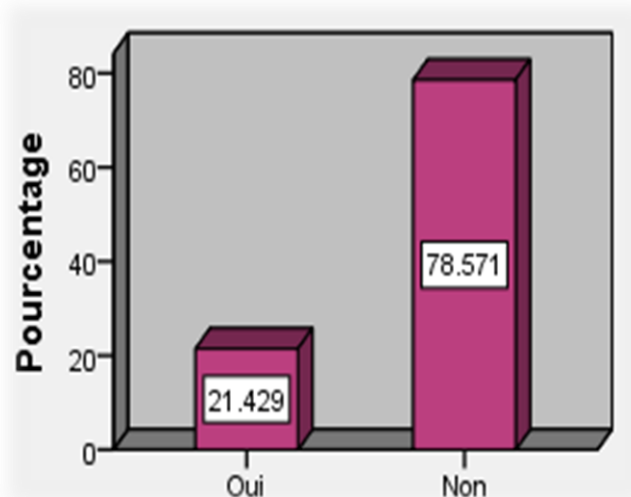


Figure 15. Utilisation des moyens de protection par les agriculteurs

1.3.3.2. Etat sanitaire

L'utilisation de tout insecticide engendre toujours des problèmes de santé, soit à court terme ou à long terme. En effet, 27,14% des utilisateurs des insecticides ont été victimes d'accidents pendant l'application de ces produits suite à des contacts directs avec les produits en raison de la non utilisation des moyens de protection. Lors de la manipulation des produits phytosanitaires plusieurs voies d'intoxication multiplient le risque d'accident chez les agriculteurs (Figure 16). D'après les résultats obtenus, la voie principale d'exposition reste la voie respiratoire (55,71%). Les réactions cutanées, le picotement des yeux et l'ingestion, sont cités avec respectivement des taux de 25,71%, 14,29% et 4,29%. Des symptômes tels que la fatigue, des maux de tête et de gorges, des irritations des yeux, des nausées, des maux d'estomac, des brûlures de la peau, des diarrhées et des fièvres sont enregistrés. Dans des travaux similaires dans la région de Bouira (Nord Algérie), Ais et Ouamane (2018), ont trouvé que 42,85% des agriculteurs n'ont déclaré aucun problème après l'utilisation des pesticides. En revanche, 33,33% des agriculteurs le déclarent. Ahouangninou *et al.* (2011), ont constaté chez des agriculteurs Éthiopiens et Ghanéens des cas d'hospitalisation et des problèmes de santé liés au non- respect des recommandations lors de l'application des pesticides. Bonnefoy (2012) signale que c'est au cours de la préparation de la bouillie de l'insecticide que le maximum d'accidents survient notamment au moment de remplissage de pulvérisateur.

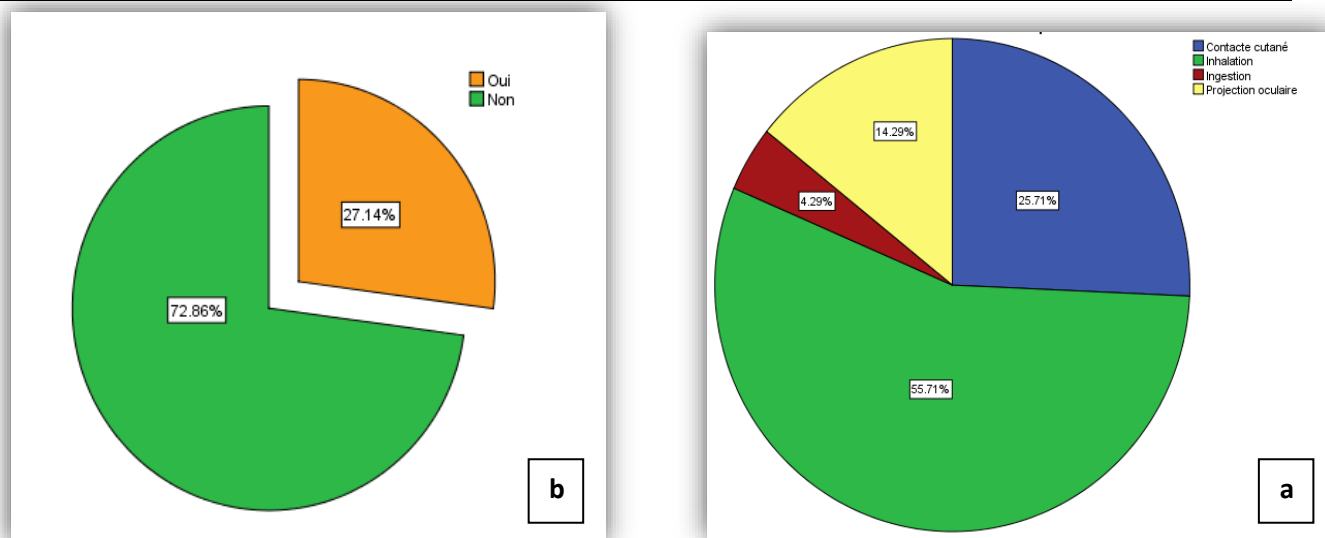


Figure 16. Etat sanitaire (a: Voies principales d'exposition, b: Accidents rencontrés)

1.3.3.3. Risques environnementaux

En ce qui concerne l'effet des insecticides sur les différents compartiments de l'environnement (sol, eaux, insectes, oiseaux, animaux), les agriculteurs enquêtés ne semblent pas accorder une grande importance aux risques encourus (82,85%) (Figure 17). Même si certains d'entre eux sont plus au moins conscients (17,14%), ils reconnaissent cependant ne pas toujours suivre les règles. Cela est dû surtout à des raisons économiques et précisément à la crainte d'une perte de revenus. Néanmoins, certains agriculteurs ont signalé des effets toxiques dans leurs exploitations, suite à la découverte de cadavres des insectes et des animaux non visés, notamment des abeilles et des oiseaux. Les insecticides peuvent également avoir un effet répulsif sur les insectes dit bénéfiques (Absence de la coccinelle en évitant également les zones traitées). Comparativement à nos résultats, dans une enquête menée au niveau de plusieurs exploitations localisées dans les régions du Centre Algérien, Louchahi (2015), a signalé que la majorité des producteurs interviewés (87%) estiment que les insecticides utilisés ne peuvent pas être dangereux pour l'environnement. Alors que, seulement 13% d'entre eux pensent qu'ils le sont ou sont conscients de leur toxicité. Ce que nous avons constaté de décevant lors de notre enquête, est la mauvaise gestion de l'emballage des produits chimiques qui augmentent le risque de contamination de l'environnement. Nous avons remarqué aussi, que la majeure partie des agriculteurs jettent leurs emballages dans les cours d'eaux, et les décharges publiques; ce qui est nocif pour l'écosystème animal et végétal. Il est important de signaler que certains agriculteurs réutilisent cet emballage à des fins ménagères; ce qui représente un grand danger pour la santé humaine. Cet emballage doit être brûlé ou bien récupéré par les entreprises d'hygiens.

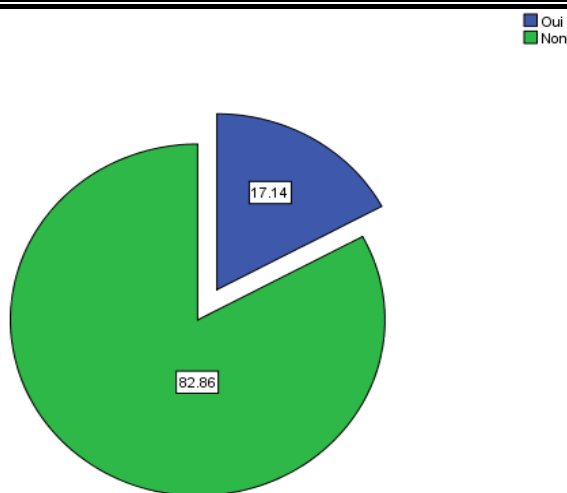


Figure 17. Position des agriculteurs envers l'environnement

1.3.3.4. Présence de résidus des insecticides dans les dattes

Nos résultats montrent que 78,57% des agriculteurs n'ont pas fait d'analyses sur les résidus des produits phytosanitaires dans les dattes, cependant 17.14% l'ont fait et ils ont trouvé que le taux des résidus varie entre 5 et 7% . Par ailleurs, 4.29% des enquêtés n'ont pas signalé de résidus, ce sont surtout les agriculteurs qui pratiquent l'agriculture biologique et leur production en dattes Bio est destinée à l'exportation (Figure 18). Des pesticides interdits de commercialisation dans l'Union Européenne depuis les années 70 existent toujours en Algérie (Merhi, 2008). En effet, les doses et la fréquence de l'emploi des pesticides ne sont pas toujours maîtrisés par les agriculteurs dont la plupart sont analphabètes (Moussaoui et Tchoulak, 2005). Il existe sur chaque produit une valeur limite de la quantité résiduelle de pesticide autorisée. Cette valeur limite est désignée par le terme de Limite Maximum de Résidus ou "LMR", et elle figure dans le Codex Alimentarius publié par la FAO/OMS. Les valeurs limites de résidus dans les aliments sont déterminées pour protéger le consommateur. Les agriculteurs doivent veiller à ce que ces niveaux de résidus ne soient pas dépassés (Boland *et al.*, 2004)

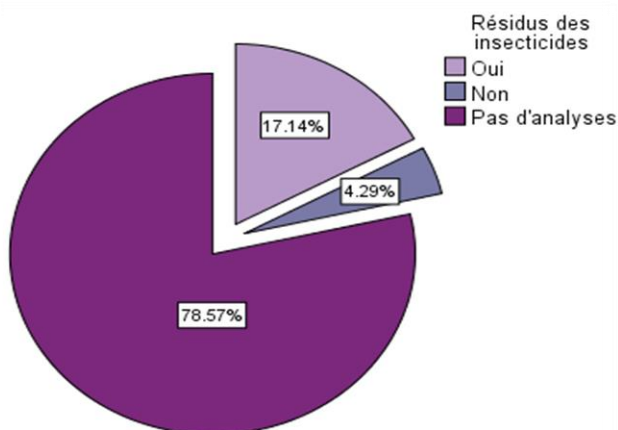


Figure 18. Répartition des agriculteurs selon la présence de résidus des insecticides

1.3.3.5. Qualité des dattes

Les résultats obtenus concernant les exploitations produisant des dattes bio dans la région, ont montré que la totalité des agriculteurs interrogés ont enregistré une régression du rendement, de la qualité et du calibre des dattes par rapport aux performances obtenues en phoeniculture conventionnelle (Figure 19). Les causes sont multiples; l'application de l'itinéraire technique spécifique à l'agriculture biologique qui supprime ou modifie certaines pratiques culturales comme la fertilisation minérale et l'utilisation des pesticides chimiques. Cette diminution du rendement est largement compensée par le prix des dattes bio (700 DA/kg) correspondant à plus du double du prix payé pour les dattes ordinaires (300 DA/kg). Selon Kenny et Hanafi (2001), d'une façon générale les rendements de la culture biologique sont faibles dans la phase de reconversion, mais au fur et à mesure que l'environnement agrobiologique de la parcelle se stabilise, et que l'agriculteur affine ses interventions agronomiques, les rendements doivent s'améliorer peu à peu, même s'ils n'atteignent jamais les rendements obtenus en agriculture conventionnelle.

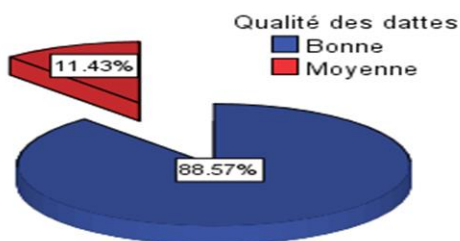


Figure 19. Qualité des dattes obtenues

1.4. Conclusion

Les résultats de cette enquête ont montré que les agriculteurs enquêtés semblent être très peu informés sur la législation actuelle et sur les risques liés à l'utilisation des insecticides. Ils sont généralement préoccupés principalement par la garantie d'une récolte de qualité et en quantité.

Il ressort à travers cette enquête que les dangers des insecticides sont d'autant plus importants que :

- ✓ Les agriculteurs ont un faible niveau d'information,
- ✓ L'absence d'équipements de protection,
- ✓ Le non-respect des doses et des consignes de traitements,
- ✓ Le non-respect de l'écosystème animal et végétal.
- ✓ Le manque de sensibilisation et la vulgarisation chez les agriculteurs

Ces comportements vont impacter toute la population depuis les agriculteurs applicateurs, jusqu'aux consommateurs qui sont exposés aux résidus des pesticides dans les dattes.

Selon les réponses des agriculteurs, les contraintes majeures qui empêchent l'utilisation des bioinsecticides s'expliquent surtout par :

- ✓ la déficience des exportations de ces produits bio vers les marchés solvables et porteurs, notamment Européens,
- ✓ le prix relativement élevé des dattes bio,
- ✓ la faiblesse des volumes et la qualité des dattes,
- ✓ la faible compétitivité du produit,

Cela montre l'absence de toute démarche marketing et d'effort de sensibilisation des consommateurs pour les intéresser aux produits bio en Algérie.

Il serait intéressant d'approfondir et de compléter cette étude à travers les thématiques suivantes :

- ✓ Le devenir de ces insecticides et de leurs métabolites sur les différents compartiments de l'environnement,
- ✓ Les phénomènes de leurs bioaccumulation dans les dattes,
- ✓ Réaliser des études épidémiologiques pour tenter de diagnostiquer les maladies en rapport avec l'emploi des insecticides.
- ✓ Il est absolument nécessaire que les pouvoirs publics se préoccupent de la commercialisation et de l'utilisation des produits phytosanitaires.
- ✓ Apporter aux agriculteurs des méthodes alternatives de protection des cultures moins dangereuses pour leur santé, pour celle des consommateurs et, ainsi, leur permettre de limiter le recours aux insecticides chimiques.

Chapitre II

**" Etude phytochimique des huiles essentielles de
quelques plantes médicinales de la région
méditerranéenne "**

2.1. Introduction

L'utilisation importante et non contrôlée des gammes phytosanitaires issues de la révolution de la technologie avec des plafonds financiers constitue un grand danger pour notre écosystème et rend urgent l'orientation vers d'autres moyens de lutte qui font appel aux composés naturels propres au monde vivant (végétal ou micro-organismes) (Philogene, 1991 ; Mossini et Kimmelmeier, 2005). Les biopesticides au sens large, sont des pesticides d'origine biologique de protection des plantes et qui ne sont pas issus de la chimie (Rochefort *et al.*, 2006).

Les métabolites secondaires extraits des plantes sont réputés depuis l'antiquité pour leurs propriétés pharmacologiques, et sont considérés comme étant un moyen de défense de la plante contre divers organismes notamment les pathogènes et les ravageurs (Fanny, 2008). Plusieurs espèces végétales ont prouvé leur pouvoir insecticide. Citons les plantes de la famille de Lamiaceae, Asteraceae, Liliaceae et Meliaceae, qui sont les principales familles considérées comme les plus prometteuses comme source de bio-insecticides (Burt, 2004).

Dans ce contexte, les biologistes ont mis l'accent sur la création de nouvelles générations de biopesticides à base d'huiles naturelles (Abdullah, 2009). Les huiles essentielles, essences, huiles volatiles, sont des produits de composition assez complexe, renfermant les principes volatiles contenus dans les végétaux (Bruneton, 1993). Elles sont par définition des composés secondaires produits par la plante comme moyen de défense contre les ravageurs phytophages (Cseke *et al.*, 1999). Les huiles essentielles sont produites dans le cytoplasme des cellules sécrétrices, et s'accumulent généralement dans les cellules glandulaires spécialisées situées en surface des cellules (Maataoui *et al.*, 2006). La teneur des plantes en huiles essentielles est généralement faible, de l'ordre de 1% (Guignard, 1995). Les huiles essentielles sont largement répandues chez les végétaux supérieurs. Elles peuvent être stockées dans tous les organes, les feuilles, les sommités fleuries, les rhizomes, les fruits, les écorces et les graines. Plusieurs huiles essentielles ont attiré l'attention dans la recherche des produits naturels pour lutter contre les insectes ravageurs (Amensour, 2010 ; Akkol *et al.*, 2012).

Ce chapitre a été consacré à l'étude des propriétés chimiques des huiles essentielles de quelques espèces végétales de bassin méditerranéen: *Artemisia herba alba*, *Thymus hyemalis*, *Thymus algeriensis*, *Rosmarinus officinalis*, *Eucalyptus globulus* et *Salvia officinalis*.

2.2. Matériel et méthodes

2.2.1. Matériel végétal

Les feuilles sont la matière végétale utilisée pour l'extraction des huiles essentielles. L'identification botanique a été confirmée par le Professeur Oudjehih Bachir à l'université de Batna et le Professeur Jose Tudela à l'université de Murcie (Espagne).

Tableau 2. Caractéristiques de la récolte des différentes plantes étudiées

Région de récolte	Plante récoltée	Date de récolte
Biskra (Algerie) 34°51'00"Nord,5°44'00" Est	<i>Salvia officinalis</i>	Mars 2018
	<i>Artemisia herba alba</i>	Février 2018
	<i>Rosmarinus officinalis</i>	Février 2018
	<i>Thymus algeriensis</i>	Avril 2018
	<i>Eucalyptus globulus</i>	Février 2018
Murcie (Espagne) 37°59'00"Nord,1°08'00" Est	<i>Salvia officinalis</i>	Mars 2018
	<i>Artemisia herba alba</i>	Février 2018
	<i>Rosmarinus officinalis</i>	Mars 2018
	<i>Thymus hyemalis</i>	Mai 2018
	<i>Eucalyptus globulus</i>	Avril 2018

2.2.2. Présentation botanique des plantes étudiées

2.2.2.1. Romarin

Arbrisseau vert touffu de 1 à 2 m de haut. Il est très rameux et couvert d'une écorce écailleuse qui porte des tiges ligneuses feuillées, généralement érigées. Les feuilles sont aromatiques, linéaires, opposées, persistantes et sub-sessiles. Les fleurs sont de couleur bleu pâle ou lilas clair, maculées de taches violettes, disposées en grappes à l'aisselle des feuilles. Les racines sont pivotantes et les fruits sont des tetrakènes bruns et luisants (Figure 20) (Moyses et Paris, 1971).

- Position systématique du romarin selon Cronquist (1981)

Règne : Plantae

Division : Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsida

Ordre : Lamiales

Famille : Lamiaceae

Genre : *Rosmarinus*

Espèces : *Rosmarinus officinalis* L



Figure 20. *Rosmarinus officinalis* L.

2.2.2.2. Eucalyptus commun

Arbre pouvant atteindre une taille du 25 à 30 m de hauteur ou plus. Il se signale par sa croissance rapide (Beloued, 1998). Son bois est rouge et son tronc est recouvert d'une écorce lisse et grise, ses feuilles sont plates et brillantes, en forme de faucille (Figure 21). Au printemps ses fleurs apparaissent blanchâtres (Jammot, 2015). Les fruits sont des capsules pointues (Kaddem, 1990).

- Position systématique du l'eucalytus selon Selon Quezel et Santa (1963)

Règne : Plantae

Embranchement : Spermaphyte

Classe : Magnoliopsida

Ordre : Myrtales

Famille : Myrtaceae

Genre : Eucalyptus

Espèce : *Eucalyptus globulus* L.



Figure 21. *Eucalyptus globulus* L.

2.2.2.3. Armoise blanche

Sous arbrisseau tomenteux blanchâtre de 30 à 50cm de haut, à nombreuses tiges dressées, ligneuses à la base (Ozenda, 1983). Les feuilles sont alternes, vert foncé dessus, et blanche et cotonneuse dessous. Les fleurs sont jaunes, hémisphériques, regroupées en petits capitules et disposées en petits épis axillaires dont la réunion constitue une longue panicule (Figure 22). Le fruit est ovale et lisse (Azzeddine et Guellil, 2007).

- Position systématique de l'armoise blanche selon Selon Quezel et Santa (1963)

Règne : Plantae

Embranchement : Spermaphytes

Classe : Eudicots

Ordre : Asterales

Famille : Asteracées

Genre : Artemisia

Espèce : *Artemisia herba-alba* (Asso.)



Figure 22. *Artemisia herba alba* (Asso.)

2.2.2.4. *Thymus algeriensis*

Sous arbrisseau pouvant atteindre plus de 25 cm de long, d'une odeur forte et aromatisante. C'est une plante vivace, ligneuse, formant des coussinets, rameaux serrés et velus recouvert de feuilles opposées effilées, couramment petioles (Figure 23). Les fleurs de 5 à 6 mm groupées en capitules terminaux avec un calice glanduleux (Belouad, 1998). Les épis florifères sont courts et étroits et ne dépassant pas 12 mm (Quezel et Santa, 1963).

- Position systématique du *Thymus algeriensis* selon Selon Quezel et Santa (1963)

Embranchement: Spermaphytes

Classe: Eudicotes

Ordre: Lamiales

Famille: Lamiacées

Genre: *Thymus*

Espèce: *Thymus algeriensis* Boiss.& Reut.



Figure 23. *Thymus algeriensis* Boiss.& Reut.

2.2.2.5. Thym d'hiver

Arbuste ligneux très ramifié dont les fleurs ont une corolle rose et un calice à dents ciliées. Les feuilles sont grises vertes, persistant, fortement aromatique de petite taille, linéaire et un peu roulées sur les marges (Figure 24). Les feuilles et le dos de la lèvre supérieure de la corolle portent quelques glandes odorantes orangées. C'est une espèce endémique du sud-Est de l'Espagne (Machado *et al.*, 2010).

- Position systématique du thym d'hivers selon Selon Quezel et Santa (1963)

Embranchement: Spermaphytes

Classe: Eudicotes

Ordre: Lamiales

Famille: Lamiacées

Genre: Thymus

Espèce: *Thymus hyemalis* subsp..



Figure 24. *Thymus hyemalis* subsp.

2.2.2.6. Sauge officinale

Sous-arbrisseau buissonnant, à rameaux dressés de 30 à 60 cm de hauteur. Les feuilles sont lancéolées, oblongues, persistantes, grise-vertes, dégageant une forte odeur. Les fleurs sont bleues violacées, groupées par trois formant des inflorescences en épis mesurant jusqu'à 30 cm de haut (Figure 25). Les fruits sont en forme de détitra akènes (Volak, 1983).

- Position systématique du sauge selon Selon Hans (2007)

Règne : Plantae

Division : Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsida

Ordre : Lamiales

Famille : Lamiaceae

Genre :Salvia

Espèce: *Salvia Officinalis* L



Figure 25. *Salvia officinalis* L.

2.2.3. Méthodes

2.2.3.1. Extraction des huiles essentielles

Les feuilles de chaque espèce ont été séchées à l'abri de la lumière et de l'humidité pendant une semaine avant l'extraction de l'huile. Les huiles essentielles ont été obtenues par hydrodistillation grâce à l'utilisation d'un appareillage de type Clevenger (Figure 26).

L'hydrodistillation est une distillation classique dans un alambic porté à ébullition dans lequel la matière végétale est en contact avec l'eau. La vapeur d'eau, au passage dans la matière végétale se charge de composés volatiles et se condense à l'intérieur d'un réfrigérant. Une fois condensée, l'eau et les molécules aromatiques se séparent en phase aqueuse et phase organique du fait de leur immiscibilité et des différences de densité (Li *et al.*, 2014). Les huiles essentielles, moins denses que l'eau, sont recueillies par simple décantation à la surface de celle-ci (Tia *et al.*, 2013). Pour l'élimination de toute trace d'eau, la phase organique est séchée par addition de quelques gouttes de sulfate de sodium anhydre. La durée de cette opération varie en fonction de la partie du végétal à traiter. La température de distillation autour de 100°C (Sutour, 2010).

100 g de matériel végétal sec a été placé dans un chauffe ballon avec 1000 mL d'eau distillé puis porté à ébullition pendant 4 heures. L'opération a été répétée plusieurs fois pour obtenir la quantité suffisante pour les analyses ultérieures. L'huile a été conservée à 4°C et à l'obscurité jusqu'à utilisation. Concernant les espèces de provenance espagnole, la méthode d'extraction des huiles essentielles est identique à la précédente.



Figure 26. Appareil de type Clevenger

Figure 27. Huiles essentielles de provenance espagnole

2.2.3.2. Détermination du rendement

Selon la norme Afnor (1986), le rendement R (%) en huile essentielle, est défini comme étant le rapport entre la masse de l'huile essentielle obtenue après extraction (M') et la masse de la matière végétale utilisée (M) pendant une période donnée. Il est représenté par la formule suivante :

$$\mathbf{R\ (\%) = M'/M.100}$$

Chapitre II: Etude phytochimique des huiles essentielles de quelques plantes médicinales de la région méditerranéenne

R (%) : Rendement en huile essentielle exprimée en pourcentage (%).

M' : Masse de l'huile essentielle obtenue en gramme (g).

M : Masse de la matière végétale sèche utilisée en gramme (g).

2.2.3.3. Identification et quantification des composants volatiles des huiles essentielles par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (CPG-SM)

L'analyse des huiles essentielles a été déterminée sur un chromatographe en phase gazeuse (Agilent GC7890 GC), équipé d'un détecteur de spectrométrie de masse (MSD) Agilent MS5975 (Figure 28) au niveau de laboratoire de la biochimie et de la biologie moléculaire à l'université de Murcie. La séparation chromatographique a été effectuée sur une colonne SupelcoWax10 (15 m x 0,1 mm ID x 0,21 μ m). L'hydrogène a été utilisé comme gaz vecteur à un débit de 0,6 mL/min. Les injections en sandwich (du piston à l'aiguille : 0,2 μ L d'air, 0,2 μ L d'isooctane, 0,2 μ L d'air, 0,3 μ L d'échantillon et 0,2 μ L d'air) ont été réalisées à l'aide d'un échantillonneur Gerstel MPS-2XT. La température du four a été programmée de 60 °C à 260 °C à une vitesse de 30 °C/min puis maintenue constante à 260 °C pendant 5,0 min. Le MSD était configuré avec un mode d'impact électronique à une tension d'ionisation de 70 eV et la source d'ions et la température du détecteur étaient de 260°C. La plage de balayage du spectre de masse a été fixée à une vitesse de 30 à 500 m/z et 21,04 scan/s. Les quantités relatives des composants individuels des huiles essentielles totales sont exprimées en pourcentage de la surface du pic par rapport à sa surface totale (Pimentel *et al.*, 2018). Les composés des huiles essentielles ont été identifiés par comparaison de leurs spectres de masse (min) avec l'équipement de leur bibliothèque de spectres de masse (base de données WILLEY et NIST) (Van den Dool et Kratz, 1963).



Figure 28. Chromatographie en phase gazeuse (CPG/SM)

2.2.3.4. Analyse en composantes principales (ACP)

La méthode d'Analyse en Composantes Principales permet d'étudier un tableau individus x variables dans le cas où toutes les variables sont quantitatives. La méthode permet d'obtenir une carte des individus en fonction de leurs proximités et une carte des variables en fonction de leurs corrélations (Duby et Robin, 2006). Elle rend également possible l'identification des variables sous-jacentes, ou facteurs qui expliquent les corrélations à l'intérieur d'un ensemble de variables observées. Elle est souvent utilisée pour réduire un ensemble de données, et dans l'agrégation de l'information, en identifiant un petit nombre de facteurs qui expliquent la plupart des variances observées dans le plus grand nombre de variables manifestes (Chaouki, 2015). Selon Duby et Robin (2006), l'ACP est communément considérée comme un outil de visualisation des données, cependant c'est aussi un moyen :

- de décorrélérer ces données ; dans le nouvel espace, constitué des nouveaux axes.
- de débruiter ces données, en considérant que les axes que l'on oublie sont des axes

bruités.

La détermination du nombre d'axes à prendre en compte dans l'analyse d'ACP, consiste à retenir que les axes dont les valeurs propres sont supérieures à 1 (c'est le critère de Kaiser). Si certaines variables sont mal représentées, on peut tenter d'afficher le second plan factoriel (Kassambara, 2017).

Une analyse en composantes principales (ACP) a été réalisée avec le package XLSTAT (2016), dans le but de:

- ✓ La caractérisation et l'identification de chaque huile essentielle
- ✓ La détermination des spécificités intra et inter espèces en présentant les ressemblances et les dissemblances dans la composition chimique entre eux
- ✓ La démonstration de la relation possible entre les abondances des composés organiques volatils et les origines géographiques des plantes.

2.3. Résultats et discussion

2.3.1. Détermination du rendement

Les rendements obtenus pour les différentes espèces de plantes étudiées sont rassemblés dans le tableau 3.

Tableau 3. Taux des rendement en huiles essentielles

Familles	Espèces	Rendement (%)
Lamiaceae	<i>Salvia officinalis</i> Alg	1,90
	<i>Salvia officinalis</i> Esp	1,33
	<i>Thymus hyemalis</i>	0,55
	<i>Thymus algeriensis</i>	0,50
	<i>Rosmarinus officinalis</i> Alg	1,40
	<i>Rosmarinus officinalis</i> Esp	1,52
Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i> Alg	0,60
	<i>Eucalyptus globulus</i> Esp	1,04
Asteraceae	<i>Artemisia herba alba</i> Alg	2,20
	<i>Artemisia herba alba</i> Esp	2,50

Les feuilles de *E. globulus* récoltées dans la région de Biskra ont montré un rendement de 0,60%, alors que nos résultats en huile distillée des feuilles de *E. globulus* récoltée dans la région de Murcie est de 1,04%, des valeurs bien inférieures à celles trouvées par Bey-Ould Si Said (2014), à partir des feuilles de *E. globulus* collectées à Bejaïa qui est de 2,53%. et à celui trouvé précédemment par Farah *et al.* (2002) qui ont enregistré un rendement de 3,40 %.

Pour le *T. algeriensis*, un rendement en huile essentielle de 0,55% a été obtenu. Ce résultat est étayé par l'étude de Mechaala *et al.* (2021), dont le rendement en huile essentielle distillé des feuilles de *T. algeriensis* de la région de Biskra a été estimé à 0,50%. Ces mêmes auteurs ont obtenu un rendements de 1,30% dans le cas de la distillation des feuilles de *l'Artemisia herba alba*, alors que nous avons obtenu un rendement supérieur (2,20%-2.50%).

La valeur trouvée pour le rendement en huiles de *T. hyemalis* (0,55%) est d'ordre de grandeur différents de celui obtenu pour les feuilles de *T. hyemalis* (3,47 %) de la région d'Almérie (Espagne) par Martinez *et al.* (2005).

Nos résultats en rendement en huile essentielle des feuilles de *R. officinalis* récoltée à Murcie a permis d'obtenir un rendement d'environ 1,52%. Elle est très proche de celui enregistré par Sotomayor *et al.* (2009) (1,47%) de la région de Pantano Santomera (Espagne). Par ailleurs, le rendement obtenu de l'huile de *R. officinalis* récolté de la région de Biskra (1,40%) est inférieur à celui trouvé par Boutabia *et al.* (2016) extrait à partir d'un échantillon récolté de la région de Youkous (Tébessa), soit un rendement de 2,29%.

Notre huile essentielle de *S. officinalis* prélevée en Algérie a révélé un rendement de 1,90%, ce résultat corrobore ceux obtenus par Kheyar *et al.* (2004), qui à partir de la distillation

Chapitre II: Etude phytochimique des huiles essentielles de quelques plantes médicinales de la région méditerranéenne

des feuilles de sauge récoltés dans la région de Bejaia ont obtenu un rendement de 1,12% après 4 h d'extraction. Arraiza et ses collaborateurs (2012) ont noté une variation de rendement en huile essentielle chez *S. officinalis* provenant de la commune de Marchamalo (Espagne), ce rendement dépend de la saison de récolte, il est de moins 1% en automne et de 1,50 % au printemps.

En effet, Emara et Shalaby (2011) ont observé des modifications de conformation des canaux sécréteurs des huiles essentielles de *E. globulus* à travers les saisons. En outre, le rendement est tributaire de plusieurs facteurs endogènes: la constitution génétique de la plante, son âge, et son stade de développement (Lichtfouse, 2009), son organe végétal utilisé (feuille, racine fleur ou graine) (Dris et Jain, 2004). Des facteurs exogènes qui sont les conditions environnementales (la température, l'ensoleillement, l'humidité, la vitesse du vent, la pluviométrie, le sol) (Boukhatem *et al.*, 2010), les conditions d'agriculture (le temps de la récolte, les engrais, l'irrigation et les maladies) (Dris et Jain, 2004) ainsi que le milieu géographique (Zrira *et al.*, 1994).

2.3.2. Composition chimique des huiles essentielles

Les différentes compositions chimiques des huiles essentielles identifiées sont présentées dans le tableau 4.

Les dix huiles essentielles extraites sont formées principalement des monoterpènes, des sesquiterpènes (oxygénés et hydrocarbures) ainsi que d'autres composés oxygénés tels que les alcools, les esters, les éthers, les aldéhydes, les cétones et les phénols.

La différence significative trouvée dans la composition chimique des dix échantillons analysés est dûe au fait que la qualité et la quantité d'huile essentielle varient selon les caractéristiques génétiques de la plante, le stade de développement, les conditions environnementales, l'origine géographique (Mewes *et al.*, 2008) et la méthode d'extraction (Isman *et al.*, 2008). Des résultats similaires rapportés par Amarti *et al.* (2010) ont montré que l'huile essentielle de *T. algeriensis* Marocaine est constituée principalement de camphre (27,7%). Cette composition chimique était différente de celle de l'huile essentielle de *T. algeriensis* de Media étudiée par Dob *et al.* (2006) et qui contenait du linalol (43,3%) et du thymol (29,2%) comme constituants principaux.

Chapitre II: Etude phytochimique des huiles essentielles de quelques plantes médicinales de la région méditerranéenne

Tableau 4. Composition chimique (%) des différentes huiles essentielles étudiées

N°	Composé	<i>T. algeriensis</i>	<i>T. hyemalis</i>	<i>R. officinalis</i> Alg	<i>R. officinalis</i> Esp	<i>E. globulus</i> Alg	<i>E. globulus</i> Esp	<i>A. herba alba</i> Esp	<i>S. officinalis</i> Alg	<i>S. officinalis</i> Esp	<i>A. herba alba</i> Alg
	Monoterpenes										
1	α -Pinene	8.48	5.35	29.42	25.62	0.39	3.67				
2	Camphene	7.81	7.11	24.62	9.61	0.11					
3	β -Pinene	2.12	2.90	3.76	2.97	0.06	0.25				
4	Sabinene	0.84	1.83	--	--	0.69	--				
5	Myrcene	7.13	4.05	--	--	--	--				
6	Limonene	3.44	1.99	--	--	--	--				
7	1,8-Cineole	11.12	34.17	6.32	21.06	--	82.34				
8	γ -Terpinene	0.37	5.16	0.93	0.82	0.47	1.02				
9	p-Cymene	0.30	2.05	1.03	1.91	25.28	3.56				
10	α -Terpinolene	0.12	0.25	0.35	0.45	0.11	--				
11	2-Octanone	0.12	--	--	--	--	--				
12	α -Thujone	0.37	--	0.35	--	1.13	--				
13	β -Thujone	0.11	--	0.74	--	0.57	--				
14	<i>cis</i> -Sabinene hydrate	0.76	0.21	--	0.43	--	--				
15	α -Terpinene	--	0.56	0.52	--	0.17	0.17				
16	Camphor	37.29	8.33	20.95	18.39	0.27	--				
17	Linalool	0.82	2.10	--	--	1.16	--				
18	Bornyl acetate	0.67	0.80	0.24	0.94	--	--				
19	trans-Caryophyllene	2.30	1.94	0.95	1.42	--	--				
20	<i>cis</i> -Ocimene	--	0.35	--	0.18	--	--				
21	trans-Ocimene	--	4.60	--	--	--	0.26				
23	(E)-b-Ocimene	--	--	--	--	--	--				
24	Borneol	5.54	4.43	0.76	2.22	--	--				
25	Linalyl acetate	--	0.18	--	--	--	--				
26	Bicyclogermacrene	0.20	--	--	--	--	--				
27	Bornyl propanoate	--	0.47	--	--	--	--				
28	D-Limonene	--	--	4.04	3.98	1.14	6.40				
29	Sabinyl acetate	--	--	0.30	--	--	--				
30	Thuja-2,4-(10)-diene	--	--	--	0.31	0.13	--				
31	δ -3-Carene	--	--	--	0.43	--	--				
32	β -Myrcene	--	--	--	3.16	--	--				
33	3-Octanone	--	--	--	0.07	--	--				
34	<i>cis</i> -Pinocamphone	--	--	--	0.67	--	--				

Chapitre II: Etude phytochimique des huiles essentielles de quelques plantes médicinales de la région méditerranéenne

35	L-Verbenone	--	--	--	0.96	--	--				
36	α -thujene	--	--	--	--	1.30	--				
37	α -Phellandrene	--	--	--	--	1.18	0.99				
38	β -Phellandrene	--	--	--	--	5.44	--				
39	cis-Sabinene hidrate acetate	--	--	--	--	1.11	--				
40	p-Menth-2-en-1-ol	--	--	--	--	0.95	--				
41	α -himachalene	--	--	--	--	1.48	--				
42	Cryptone	--	--	--	--	15.08	--				
43	Phellandral	--	--	--	--	2.39	--				
44	Cuminaldehyde	--	--	--	--	2.73	--				
45	p-Cymen-8-ol	--	--	--	--	0.70	--				
46	p-Cymen-7-ol	--	--	--	--	0.67	--				
49	Linalyl isovalerate	--	--	--	--	0.95	--				
50	Carvacrol	--	--	--	--	--	--				
51	trans-sabinyl acetate	--	--	--	--	--	--				
52	cis-Cadina-1,4-diene	0.12	--	--	--	--	--				
53	Geranyl propionate	--	0.30	--	--	--	--				
54	Geraniol	--	0.38	--	--	--	--				
55	Geranyl butyrate	--	0.09	--	--	--	--				
56	Thymol	--	0.45	--	--	0.46	--				
57	Chrysanthenone	--	0.24	--	--	0.30	--				
58	cis-arbuscolone	--	--	--	--	--	--				
59	Isochrysanthenone	--	--	--	--	--	--				
60	trans-arbuscolone	--	--	--	--	--	--				
61	Filifolone	--	--	--	--	--	--				
62	trans-pinocarveol	--	--	--	--	--	0.5				
63	cis-chrysanthenol	--	--	--	--	--	--				
64	Myrtanal	--	--	--	--	--	--				
65	Cumin aldehyde	--	--	--	--	--	--				
66	Carvone	--	--	--	--	--	--				
67	Piperitone	--	--	--	--	--	--				
68	cis-chrysanthenyl acetate	--	--	--	--	--	--				
69	trans-ascaridol glycol	--	--	--	--	--	--				
70	isopiperitenone	--	--	--	--	--	--				
71	trans-chrysanthemic acid	--	--	--	--	--	--				
72	3,5-Heptadienal, 2-ethylidene-6-	--	--	--	--	--	--				
73	cis-dihydrocarvone	--	--	--	--	--	--	0.2	--	--	0.7
74	trans-carveol	--	--	--	--	--	--	0.3	--	--	0.6

Chapitre II: Etude phytochimique des huiles essentielles de quelques plantes médicinales de la région méditerranéenne

	Sesquiterpene										
75	α -Copaene	0.28	--	0.23	--	0.06	--				
76	Terpinen-4-ol	0.46	0.79	0.32	0.35	6.22	--				
77	α -Amorphene	0.30	--	0.12	--	--	--				
78	Germacrene-D	2.31	0.07	0.31	--	0.17	--				
79	trans- α -Bisabolene	0.09	--	--	--	--	--				
80	<i>cis</i> -Calamenene	0.10	--	--	--	--	--				
81	δ -Cadinene	0.49	1.12	0.20	--	0.10	--				
82	γ -Cadinene	0.20	0.29	--	--	--	--				
83	Caryophyllene oxide	0.12	--	--	--	0.20	--				
84	Elemol	0.51	0.16	--	--	--	--				
85	α -Bisabolol	0.76	--	--	--	--	--				
86	β -Eudesmol	0.12	--	--	--	--	--				
87	Alloaromadendrene	--	0.56	--	--	--	--				
88	δ -Terpineol	--	0.42	--	--	0.69	--				
89	α -Muurolene	--	0.26	0.11	--	--	--				
90	Bicyclogermacrene	--	1.29	0.25	--	1.74	--				
91	Spathulenol	--	0.20	--	--	14.64	--				
92	epi- α -Muurolol	--	0.11	--	--	--	--				
93	α -Cadinol	--	0.25	--	--	--	--				
94	α -ylangene	--	--	--	0.11	--	--				
95	α -humulène	--	--	--	0.40	--	--				
96	Ledol	--	--	--	--	0.28	--				
97	<i>α-sinensal</i>	--	--	--	--	0.86	--				
98	Aromadendrene	--	--	--	--	--	0.13				
99	β -caryophyllene	--	--	--	--	--	--				
100	Viridiflorene	--	--	--	--	--	--				
101	trans- γ -cadinene	--	--	--	--	--	--				
102	α -Terpineol	1.10	2.06	0.36	0.91	1.10	2.06				
103	α -himachalene	--	--	--	--	--	--				
104	Isoaromadendrene epoxide	--	--	--	--	--	--				
105	Humulene oxide II	--	--	--	--	--	--				
106	caryophylla-4(14),8(15)-dien-5-ol	--	--	--	--	--	--				
107	α -eudesmol	--	--	--	--	--	--				
108	Nordavanone	--	--	--	--	--	--				
109	Davana ether	--	--	--	--	--	1.3				
110	6-epi-shyobunol	--	--	--	--	--	--				
111	Globulol	--	--	--	--	--	--				

Chapitre II: Etude phytochimique des huiles essentielles de quelques plantes médicinales de la région méditerranéenne

112	Davanone D	--	--	--	--	--	--	2	--	--	6.5
113	Viridiflorol	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1.0
114	T-cadinol	--	--	--	--	--	--	--	--	0.3	1.6
115	Agarospinol	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.3
116	ent-Germacra-4(15),5,10(14)-trien-1 β -ol	--	--	--	--	--	--	0.4	--	--	0.6
	Autres										
117	Isopimara-9(11),15-diene	--	--	--	--	--	--				
118	Manool	--	--	--	--	--	--				
119	(Z)-jasmone	--	--	--	--	--	--				
120	5,5-Dimethyl-2(5H)-furanone	--	--	--	--	--	--				
Total (%)		96.87	97.63	98.25	93.78	92.31	98.79	95.2	99.1	99.7	95.4

Chapitre II: Etude phytochimique des huiles essentielles de quelques plantes médicinales de la région méditerranéenne

De plus, Tantaoui-Elaraki *et al.* (1993) ont découvert que le camphre était le chémotype de *T. algeriensis* dans la période précédant la floraison et qu'il présentait différentes activités biologiques. Cependant, nos résultats différaient de ceux obtenus par Rota *et al.* (2008) qui ont trouvé que l'huile essentielle de *T. hyemalis* isolée de sept plantes cultivées à Murcie présentait une forte hétérogénéité avec trois chémotypes différents: le chémotype thymol (43%), le chémotype thymol/linalol, (16%)/(16,06%) et le chémotype du carvacrol (40,1%). Néanmoins, nos résultats étaient en accord avec ceux de Cabo *et al.* (1987) qui ont indiqué l'existence d'un chémotype 1,8-cinéol pour l'huile essentielle de *T. hyemalis*, avec une très faible concentration de thymol et de carvacrol, et ils ont conclu que le mois d'août était la meilleure période pour la récolte car pendant ce moment l'huile essentielle contiendrait une forte concentration en 1,8-cinéol.

Concernant nos résultats GC-MS de l'huile algérienne de *R. officinalis*, ils sont similaires à ceux rapportés par Boutekedjiret *et al.* (2005) qui ont montré que l'huile de *R. officinalis* du nord de l'Algérie était constituée principalement d' α -pinene (15,50%) suivi du β -caryophyllène (10,60 %) et du camphre (9,00 %). Dans le même ordre d'idée, une étude menée par Chalchat *et al.* (2011) ont montré que l'huile essentielle de *R. officinalis* extraite de la région de Murcie était caractérisée par une composition majoritaire en α -pinene (19,00%), 1,8-cinéole (17,00%) et camphre (12,00%).

Les essences des feuilles de *S. officinalis* de l'Algérie et de l'Espagne sont montrées particulièrement riche en camphor avec une proportion de 16,50 et 30,90% respectivement. Leur compositions sont globalement proche de celle rapportée par Ben khedher *et al.* (2017), avec 25,14% de camphor et loin de celles rapportées par Arraiza *et al.* (2012). Ces derniers auteurs ont observé une prédominance du composé α -thuyone (43,6%) après une analyse par GC/MS de l'huile essentielle de *S. officinalis* provenant de la province de Guadalajara. Selon Mehalaine *et al.* (2019), les analyses des huiles essentielles d'un échantillon *S. officinalis* prélevées à Oum El Bouaghi ont révélé que le α -thuyone est le composant majoritaire avec 16.44%. Ces derniers chémotypes à α -thuyone différent de ceux analysés par Chetouani *et al.* (2018), à partir des feuilles de *S. officinalis* prélevées au Maroc, avec une proportion en limonène de 37.58%.

Les huiles essentielles de *A.herba-alba* algérien et espagnol sont révélées riche en α -thuyone et p-cymene (15,60 et 20%). Nos résultats sont très en accord avec le rapport de Mechaala *et al.* (2021) qui ont confirmé la prédominance des monoterpènes oxygénés de l'huile de *A.herba-alba* dans la région de Biskra où la β -thuyone (51,19%), l' α -thuyone (13,22%) sont les principaux composés.

Chapitre II: Etude phytochimique des huiles essentielles de quelques plantes médicinales de la région méditerranéenne

En outre, Abu-Darwish *et al.* (2015) ont rapporté la prédominance des monoterpènes oxygénés à l'huile essentielle de *l'A.herba-alba* du sud de la Jordanie et qui sont formées majoritairement de la β -thuyone (25,1%) et l' α -thuyone (22,9%). Alors que Hatem *et al.* (2018) ont rapporté 30 composés de l'huile essentielle de *l'A.herba-alba* du Liban, dont la plupart sont des hydrocarbures monoterpéniques suivis des monoterpènes oxygénés : α -pinène (45,89%), bornéol (11,3%) et eucalyptol (10,8%). D'autre part, Les travaux de Feuerstein *et al.* (1986) ont montré une importante variabilité dans les composés des huiles essentielles des plantes de *l'A. herba alba* récoltées dans différentes localités au Sinai et en Israël, particulièrement pour le 1,8-cineol (13% à 50%) et le camphre (0,1% à 25%). Des résultats comparables sont obtenus sur la même espèce en Espagne, respectivement 13 et 15% (Feuerstein *et al.*, 1988). Salido *et al.* (2004), rapporte que chez *l'A. herba alba*, ils ont identifié plusieurs chemotypes liés à la localisation des plantes: chemotype à p-cymène (19,9%), à Davanone (71,1%) et à Chrysanthène (36%). D'après les mêmes auteurs, le chemotype à p-cymène est le plus toxique et cet effet était dû aux taux élevés en p-cymène.

La dernière huile que nous avons étudiée est celle de *l'E. globulus* Algérien qui a révélé un chemotype à p-Cymène (25,28%) alors que celui d'Espagne est un chemotype à 1,8-Cineole (82,34%). De nombreuses études ont été faites à travers le monde sur *l'E. globulus*; ainsi Farah *et al.* (2002) ont rapporté que les analyses chromatographiques des différents échantillons des Eucalyptus proviennent du dispositif expérimental de Mechraâ El Kettane (Maroc) présentant une composition chimique homogène avec α -pinène, p-cymène et 1,8-cinéole comme constituants majoritaires. Les pourcentages d' α -pinène et de p-cymène oscillent entre 0,30 et 23,2 % respectivement pour les échantillons d'huiles essentielles de *l'E. globulus* et de *l'E. grandis*. Notre composition chimique de l'huile essentielle de *l'E. globulus* provenant de la région de Murcie est proche de celles analysées par Bey-Ould Si Said (2014) qui a identifié un chemotype à 1,8-cinéole (55,9%), dans la région de Derguinah, wilaya de Bejaïa en Algérie. Ce résultat ne corrobore pas celui de Agah et Najafian (2012), qui à partir de l'extraction de l'huile essentielle de *l'E. globulus* par hydrodistillation à Iran, avaient trouvé comme composants essentiels du géraniol (34,2%) et du néral (23,5%). Ces mêmes auteurs ont montré que le mode de séchage des parties aériennes affecte significativement la quantité d'huile extraite. Selon Bruneton (1999), l'un des intérêts du genre Eucalyptus est la diversité de la composition des huiles essentielles que fournissent les feuilles. Cette diversité est d'autant plus grande que les chemotypes sont très fréquents. Ce résultat confirme une fois de plus que l'origine géographique et l'environnement dans lequel une plante croît influent considérablement sur la composition

chimique de l'huile essentielle (Marotti *et al.*, 1994). Une autre étude portée sur *Pycnocycla spinosa* a montré également la variation de la composition chimique au cours de l'année (Asghari *et al.*, 2014).

La dominance de monoterpénoïdes dans nos huiles étudiées telles que le 1,8-cinéole, α -pinène, p-cymène et le camphore comme composants majoritaires semble régulièrement être associée aux activités insecticides de plusieurs huiles essentielles (Kiran et Devi, 2007). De plus, la présence de constituants mineurs a modulé les bioactivités des constituants majeurs avec synergie ou antagonisme (Katikia *et al.*, 2017). La variation en composition chimique est d'une importance particulière dans l'étude des activités insecticides, car la valeur des huiles essentielles en aromathérapie doit être liée à leurs compositions (Lawrence, 2007). Cependant, les monoterpénoïdes en tant que composants majoritaires ont été considérés comme toxiques pour les insectes nuisibles et ils possèdent des propriétés répulsives, fumigantes (Yari *et al.*, 2014) et antiappétantes (Hough-Goldstein, 1990). Plusieurs études ont rapporté une variation chémotypique des huiles essentielles au sein de la même espèce de plante médicinale (Ali *et al.*, 2010; Younsi *et al.*, 2018; Trindade *et al.*, 2018). Guignard (2004) signale que chez une même plante, il existe plusieurs molécules de formules voisines qui ne diffèrent que par leur degré d'hydrogénation. En effet, un climat ensoleillé et sec favorise la formation de nouveaux composés au sein de la même espèce. D'après le même auteur, les principales familles à essences différentes sont méditerranéennes ou de régions chaudes. Selon le même auteur, les facteurs climatiques, la nature du sol et les pratiques culturales sont à l'origine des chimiotypes.

2.3.3. Analyse en composantes principales appliquée à l'étude des répartitions des composants chimiques des huiles essentielles en fonction de l'origine géographique

D'après les annexes des corrélations entre les variables et les axes principaux, les coordonnées des individus étudiés et leur projection dans les différents plans, nous pouvons conclure en regroupant l'ensemble des analyses des compositions chimiques et des huiles essentielles étudiées, que les individus qui s'éloignent du centre du cercle renferment les valeurs extrêmes des variables dispersées dans la même partie du plan de projection. En effet, chaque huile essentielle renferme les valeurs extrêmes des paramètres projetés les plus proches à lui dans le plan. Ceci nous permet donc de caractériser les huiles étudiées comme suit :

L'huile essentielle de *A. herba alba* Alg se caractérise par: α -Thuyone; β -Thuyone; trans-sabinyl acetate; Chrysanthénone; cis-arbuscolone; trans-arbuscolone; Filifolone; trans; pinocarveol; cis-chrysanthénol; Myrtanal; Cumin aldehyde; Carvone; Piperitone; cis;

Chapitre II: Etude phytochimique des huiles essentielles de quelques plantes médicinales de la région méditerranéenne

chrysanthenyl acetate; trans-ascaridol glycol; isopiperitenone; trans-chrysanthemic acid; 3,5-Heptadienal, 2-ethylidene-6-methyl-; cis-dihydrocarvone; trans-carveol; Terpinen-4-ol; Spathulenol; Ledol; α -sinensal; Nordavanone; Davana ether; 6-epi-shyobunol; Globulol; Davanone D; Viridiflorol; T-cadinol; Agarospirol; ent-Germacre-4(15),5,10(14)-trien-1 β -ol; (Z)-jasmone.

De même pour l'huile essentielle de *E. globulus* Alg, on a distingué les composants suivant: p-Cymene; α -thujene; α -Phellandrene; β -Phellandrene; cis-Sabinene hydrate acetate: p-Menth-2-en-1-ol; α -himachalene; Cryptone; Phellandral; Cumin aldehyde; p-Cymen-8-ol; p-Cymen-7-ol; Linalyl isovalerate (Figure 29).

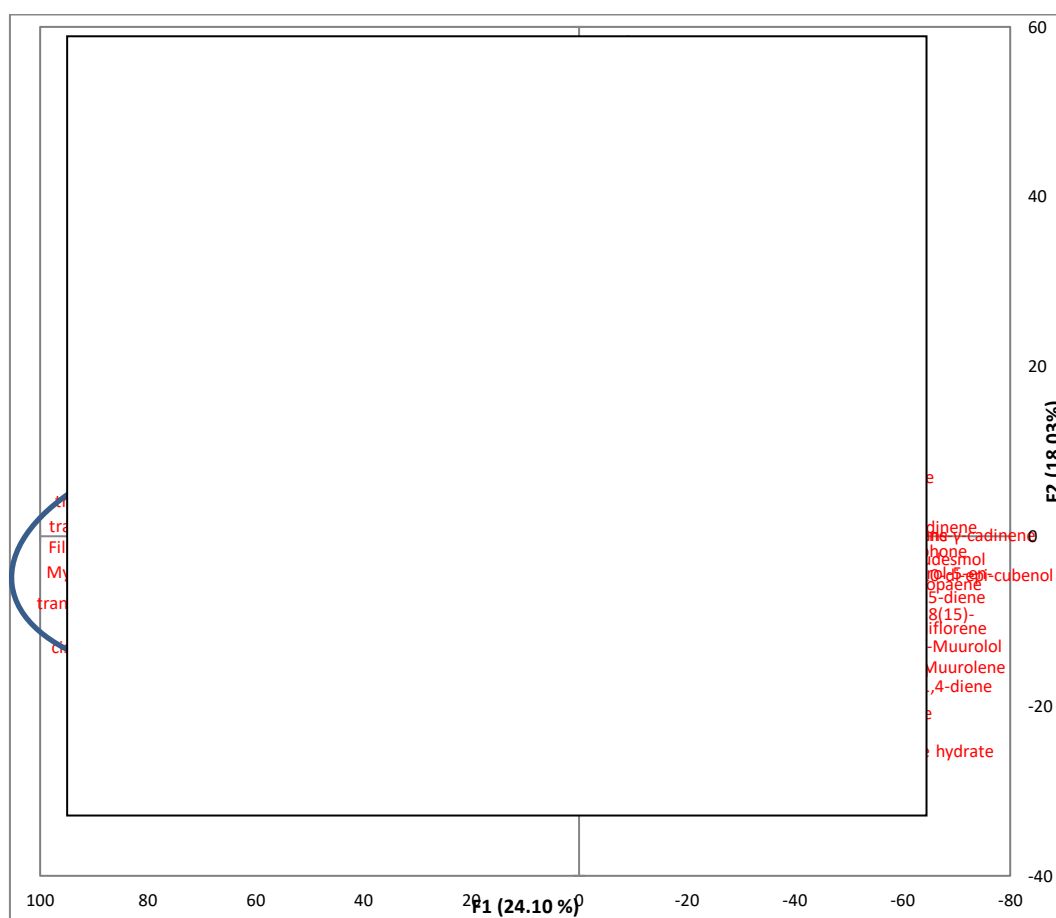


Figure 29. Projection des variables et des individus étudiés sur le plan (F1-F2) (Biplots)

L'huile essentielle de *A. herba alba* Esp se caractérise par : Myrcene; p-Cymene; (E)-b-Ocimene; Isochrysanthenone; α -Muurolene; 5,5Dimethyl-2(5H)- furanone; α -Copaene (Figure 30).

Chapitre II: Etude phytochimique des huiles essentielles de quelques plantes médicinales de la région méditerranéenne

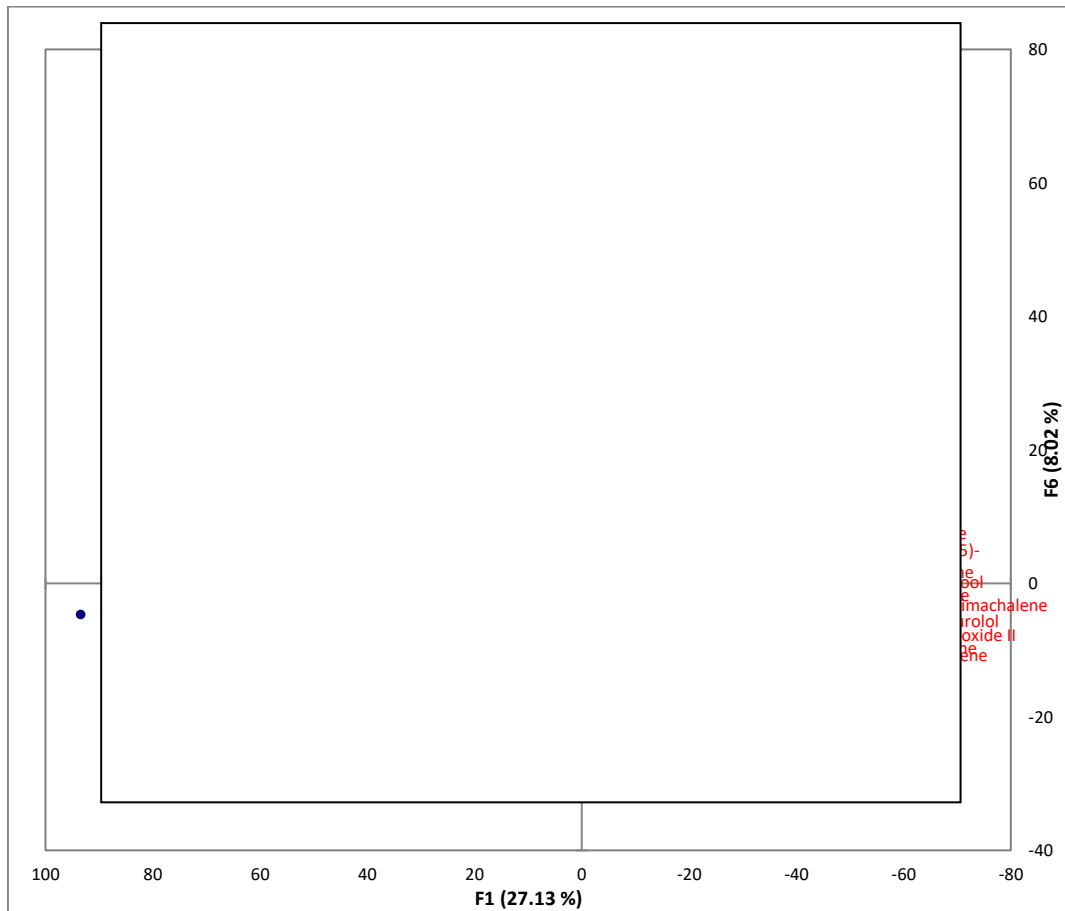


Figure 30. Projection des variables et des échantillons étudiés sur le plan (F1-F6)
(Biplots)

Pour l'huile essentielle de *E. globulus* Esp, on distingue les deux composants suivant: 1,8-Cineole et Aromadendrene (Figure 31).

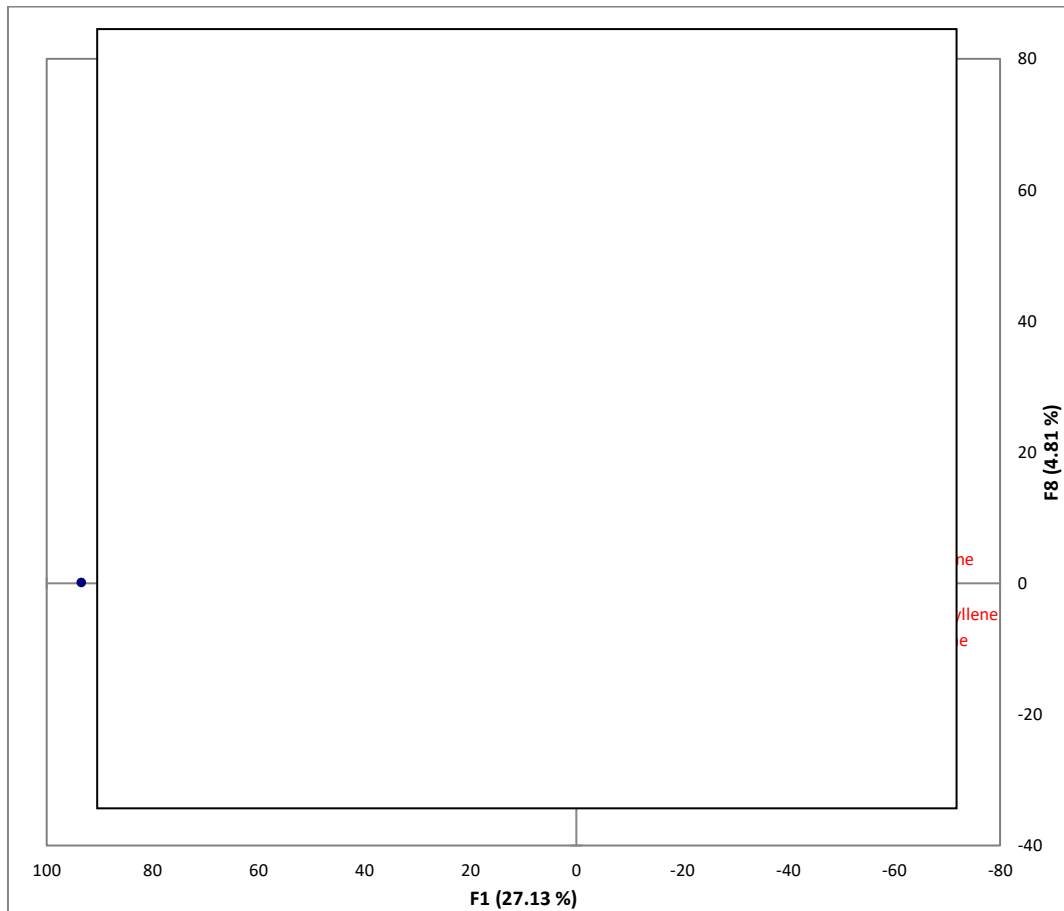


Figure 31. Projection des variables et des individus étudiés sur le plan (F1-F8) (Biplots)

L'huile essentielle de *S. officinalis* Alg se caractérise par: Carvacrol; Camphor; α -humulène; β -caryophyllène; Viridiflorene; α -himachalène; Isoaromadendrene epoxide; Humulene oxide II; caryophylla-4(14),8(15)-dien-5-ol; β -eudesmol (Figure 32).

Chapitre II: Etude phytochimique des huiles essentielles de quelques plantes médicinales de la région méditerranéenne

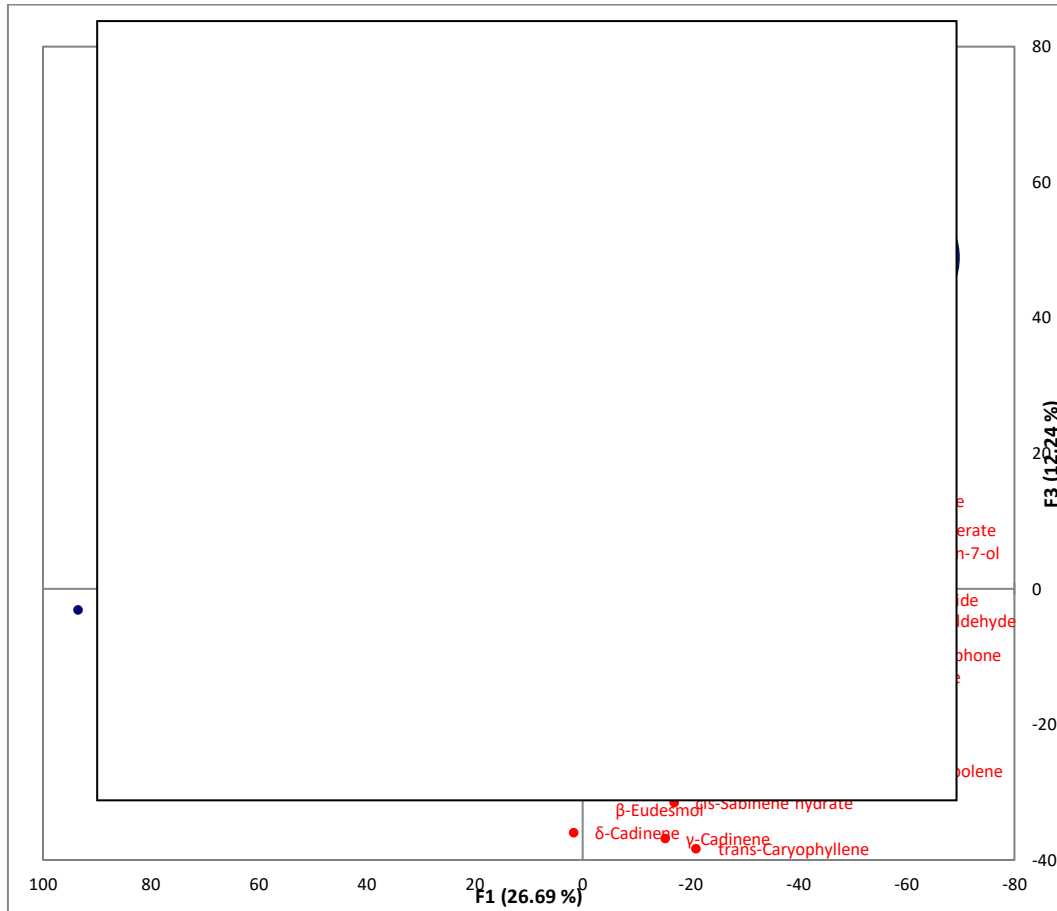


Figure 32. Projection des variables et des individus étudiés sur le plan (F1-F3) (Biplots)

De même pour l'huile essentielle *S. officinalis* Esp, il se caractérise par: Camphor; Linalyl acetate; Geranyl propionate; trans- γ -cadinene (Figure 33).

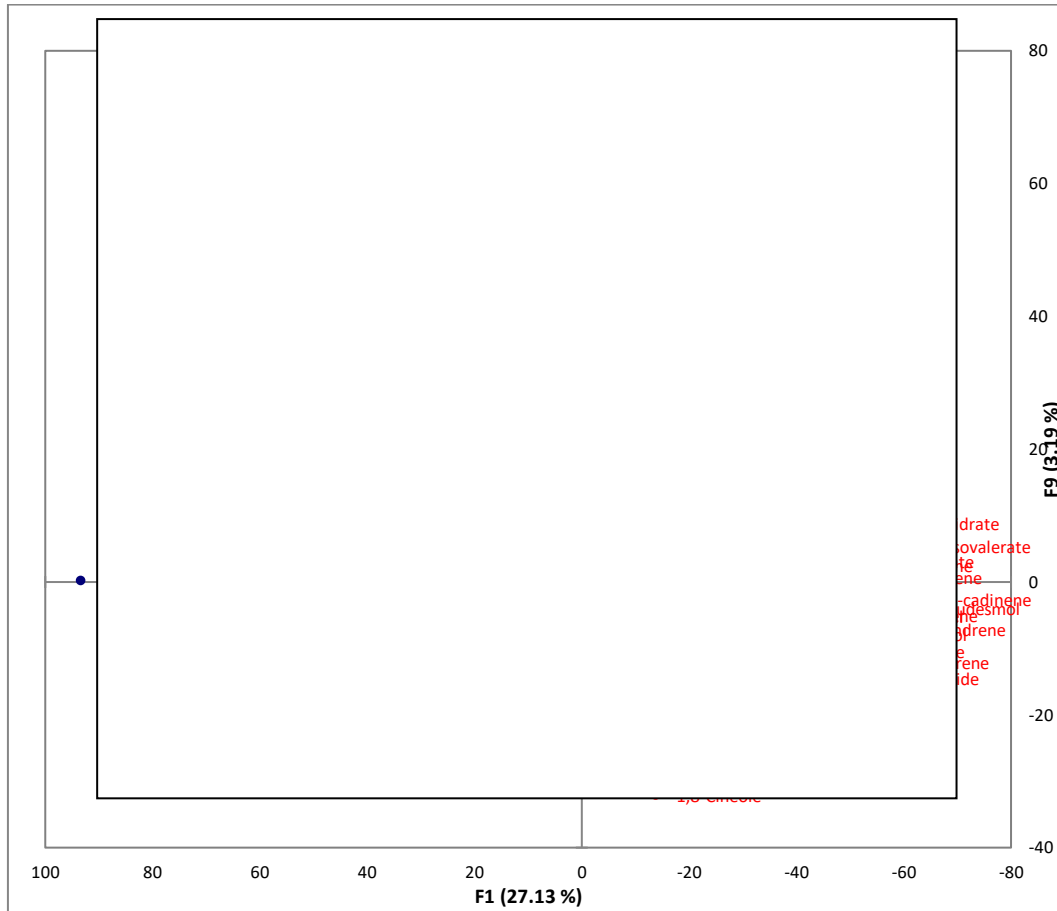


Figure 34. Projection des variables et des individus étudiés sur le plan (F1-F9) (Biplots)

L'huile essentielle de *T. algeriensis* se caractérise par: Camphor; Bicyclogermacrene; trans- α -Bisabolene; cis-Calamenene; Elemol; α -Bisabolol; cis-Cadina-1,4-diene; 2-Octanone (Figure 35).

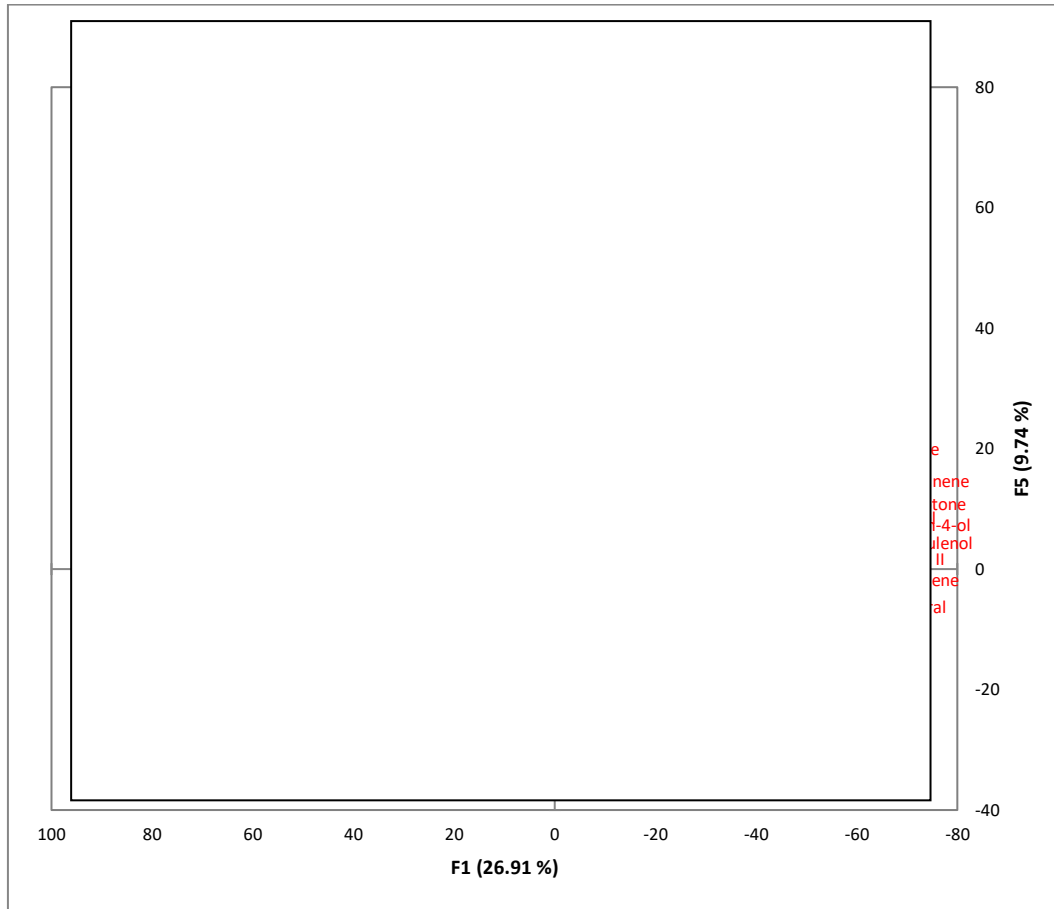


Figure 35. Projection des variables et des individus étudiés sur le plan (F1-F5) (Biplots)

L'huile essentielle de *T. hyemalis* se caractérise par: Geraniol; Sabinene; 1,8-Cineole; Linalool; Alloaromadendrene; epi- α -Muurolol

Cependant, la compositions chimiques de l'huile essentielle de *R. officinalis* Esp se caractérise par : D-Limonene; δ -3-Carene; β -Myrcene; 3-Octanone; cis-Pinocamphone; L-Verbenone; α -Pinene (Figure 36).

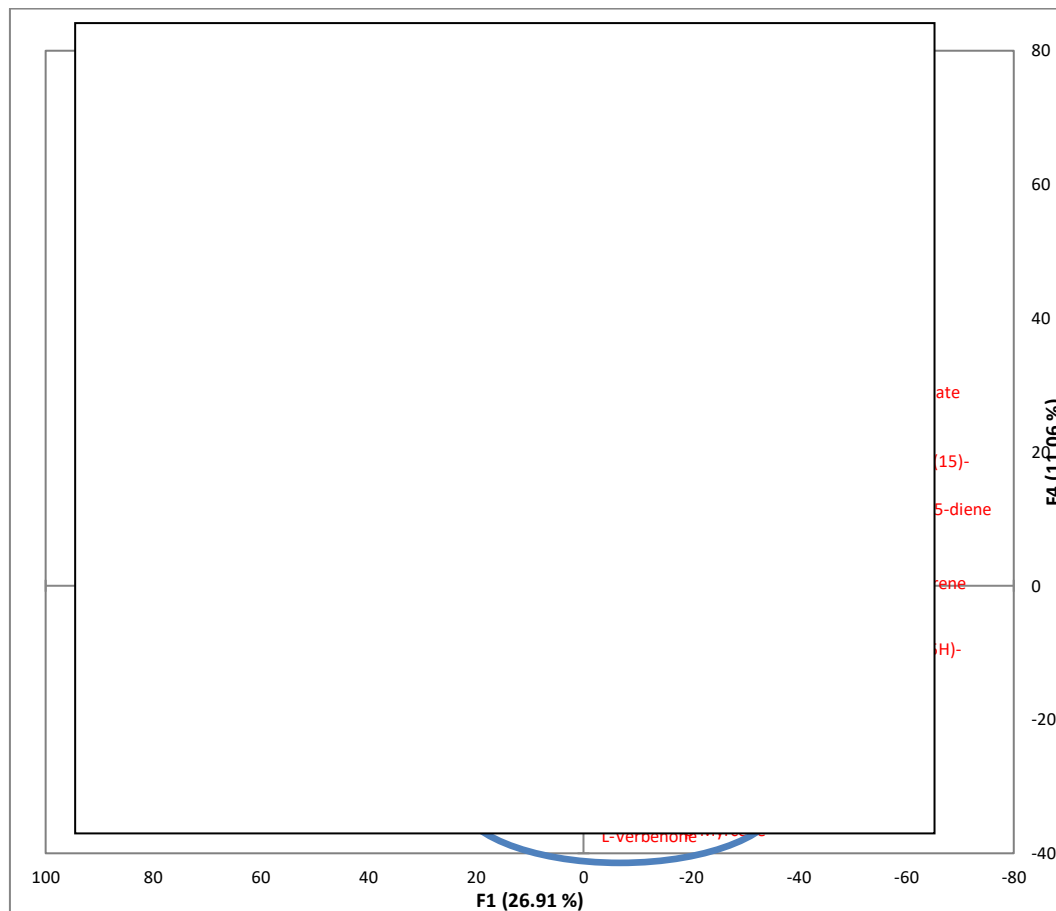


Figure 36. Projection des variables et des individus étudiés sur le plan (F1-F4) (Biplots)

L'ACP conduite a révélé qu'une différence qualitative de la composition des huiles essentielles étudiées provenant de plantes médicinales, ayant pour origine des espèces naturelles locales de l'Algérie et de l'Espagne (Tableau 5). Cela a permis de mettre en évidence plusieurs chémotypes différents:

Tableau 5. Variabilité de la composition chimique des différents chémotypes étudiés

Chémotypes	
<i>E. globulus</i> Alg	<i>E. globulus</i> Esp
p-Cymene	1,8-Cineole
α -thujene	Aromadendrene
α -Phellandrene	
β -Phellandrene	
cis-Sabinene hydrate acetate	
p-Menth-2-en-1-ol	

Chapitre II: Etude phytochimique des huiles essentielles de quelques plantes médicinales de la région méditerranéenne

α -himachalene	
Cryptone	
Phellandral	
Cumin aldehyde	
p-Cymen-8-ol	
p-Cymen-7-ol	
Linalyl isovalerate	
<i>R. officinalis Alg</i>	
<i>R. officinalis Esp</i>	
α -Pinene	α -Pinene
β -Pinene	δ -3-Carene
Camphene	β -Myrcene
Sabinyl acetate	3-Octanone
α -Terpinolene	cis-Pinocamphone
α -Terpinene	L-Verbenone
<i>T. hyemalis</i>	
<i>T. algeriensis</i>	
1,8-Cineole	Camphor
Geraniol	Bicyclogermacrene
Sabinene	trans- α -Bisabolene
Linalool	cis-Calamenene
Alloaromadendrene	Elemol
epi- α -Muurolol	α -Bisabolol
	cis-Cadina-1,4-diene
	2-Octanone
<i>S. officinalis Alg</i>	
<i>S. officinalis Esp</i>	
Camphor	Camphor
Carvacrol	Linalyl acetate
α -humulène	Geranyl propionate
β -caryophyllene	trans- γ -cadinene
Viridiflorene	
α -himachalene	
Isoaromadendrene epoxide	
Humulene oxide II	
caryophylla-4(14),8(15)-dien-5-ol	

Chapitre II: Etude phytochimique des huiles essentielles de quelques plantes médicinales de la région méditerranéenne

β -eudesmol	
<i>A. herba alba</i> Alg	<i>A. herba alba</i> Esp
α -Thuyone	p-Cymene
β -Thuyone	Myrcene
trans-sabinyol acetate	(E)-b-Ocimene
Chrysanthenone	Isochrysanthenone
cis-arbuscolone	α -Muurolene
trans-arbuscolone	5,5Dimethyl-2(5H)- furanone
Filifolone	α -Copaene
trans; pinocarveol	
cis-chrysanthenol	
Myrtanal	
Cumin aldehyde	
Carvone	
Piperitone	
cis; chrysanthenyl acetate	
trans-ascaridol glycol	
; isopiperitenone;	
trans-chrysanthemic acid;	
3,5-Heptadienal,	
2-ethylidene-6-methyl-;	
cis-dihydrocarvone	
trans-carveol	
Terpinen-4-ol	
Spathulenol	
Ledol	
α -sinensal	
Nordavanone	
Davana ether	
6-epi-shyobunol	
Globulol	
Davanone D	
Viridiflorol;	

T-cadinol;

Agarospinol;

ent-Germacra-4(15),5,10(14)-

trien-1 β -ol;

(Z)-jasmone

Ces résultats suggèrent que cette variabilité observée dans la composition des huiles essentielles peut être attribuée aux différentes localités géographiques (Moghaddam *et al.*, 2007 ; Weaver *et al.*, 1994). Selon Antonio *et al.* (2011), l'impact de l'environnement (conditions climatiques et conditions du sol) sur la composition de l'huile essentielle peut trouver une explication scientifique dans les conséquences d'une composition chimique totalement différente pour une même espèce botanique en fonction du lieu de récolte. Des individus (chémotypes) de la même espèce botanique, ayant donc le même génome et le même phénotype, peuvent présenter des différences significatives au niveau de leur composition chimique (Deschepper, 2017). La notion chémotype s'avère indispensable lorsqu'il s'agit de définir les molécules biochimiquement actives et majoritaires d'une huile essentielle. Elle permet de saisir la meilleure compréhension de son mode d'action. Ce dernier va déterminer les conditions de mise en place d'une propriété insecticide naturelle la plus puissante et efficace possible (Soro *et al.*, 2015).

2.4. Conclusion

A partir des résultats que nous avons obtenus et confrontés à ceux d'autres chercheurs à travers le monde, nous pouvons dire que l'ensemble des huiles analysées se distinguent par l'abondance et la variation de leurs différents constituants chimiques bien qu'elles appartiennent parfois à la même famille botanique ou à la même espèce végétale. L'origine géographique, l'environnement dans lequel évolue une plante influe considérablement le rendement et la qualité/quantité de composition chimique de l'huile essentielle.

Les monoterpènes sont les composés majoritaires des huiles essentielles et suscitent un intérêt pour leur potentiel bioactif en plus de leur toxicité vis-à-vis des insectes ravageurs.

Chapitre III

"Effets bioinsecticides des huiles essentielles sur *E. ceratoniae*"

3.1. Introduction

La pyrale des dattes *Ectomyelois ceratoniae* est considéré comme étant le principal ravageur des régions méditerranéennes qui déclenche des dégâts torrentiels sur les dattes (Wertheimer, 1958 ; Lepigre, 1963 ; Norouzi *et al.*, 2008). Sa chenille qui vit aux dépens de plusieurs fruits, cause d'énormes dégâts. Elle est très polyphage et s'attaque à une multitude de cultures et à des plantes spontanées dans des étages bioclimatiques très différents. Le nombre de plantes hôtes reconnues à travers le monde est de 49 espèces, dont 32 espèces existent en Algérie. Cependant, les dégâts les plus importants s'observent sur le palmier dattier (*Phoenix dactylifera*), pouvant atteindre 20 à 30 % de la production dattière dans le bassin méditerranéen (Abdelmoutaleb, 2008). Ce déprédateur provoque la diminution des rendements et altère la qualité des récoltes (Mehaoua, 2014). L'intérêt d'étudier la pyrale des dattes, s'explique non seulement par son importance économique, mais également par la complexité de sa biologie. Cet insecte se caractérise par sa polyphagie, son polyvoltinisme et par ses grandes capacités d'adaptation à des milieux très différents notamment les vergers et les entrepôts de conditionnement ou de stockage, aussi bien sur les oasis que dans le littoral (Doumandji, 1981).

Dernièrement, les agriculteurs se sont tournés massivement vers l'utilisation des produits chimiques à large spectre, pour la protection de leurs cultures. Cela a engendré une résistance aux insecticides de synthèse chez les déprédateurs ciblés et les infestations de ravageurs secondaires (Saruhan *et al.*, 2014). Pour éviter les effets nocifs de l'utilisation des produits phytosanitaires, de nouvelles approches se sont appuyées sur la lutte biologique et l'utilisation conjointe des bio-molécules qui influencent le comportement des ravageurs et les affectent sans effets négatifs sur l'écosystème. Parmi ces bio-molécules, celles se trouvent dans les extraits des plantes et qui ont été utilisés avec succès dans des programmes de lutte biologique contre divers insectes (Feng et Isman, 1995).

E.ceratoniae comme tous les insectes lépidoptères est influencé par les extraits des plantes grâce aux neurones récepteurs olfactifs qui l'aident à reconnaître de nombreux composés végétaux volatiles (Visser, 1996). Les huiles essentielles représentent des métabolites secondaires produites par les plantes jouant le rôle de défense contre les ravageurs phytophages. Plusieurs huiles essentielles sont considérées comme des biopesticides grâce à leur nature lipophile et compositions chimiques qui présentent des mécanismes d'action multiples sur les fonctions biochimiques, physiologiques et comportementales des insectes (Brattsten, 1983). Ils agissent par des modes d'action variés (contact, fumigation, répulsif,...) contre diverses espèces d'insectes (Rajendran et Sriranjini, 2008). De plus, ils sont écologiques, biodégradables,

spécifiques aux ravageurs et efficaces en très petite quantité et offrent moins de chances de résistance aux insectes (Regnault-Roger *et al.*, 2012).

Pour remédier à l'utilisation excessive et non raisonnée d'insecticides de synthèse et contribuer à développer des traitements bios ou intégrés de lutte contre la pyrale des dattes, nous avons évalué et détecté dans cette partie l'effet insecticide des huiles essentielles caractérisées dans le chapitre précédent.

3.2. Matériel et méthodes

3.2.1. Présentation de l'insecte ravageur

La pyrale de datte vit aux dépens des fruits mûrs et proches de la maturité en vergers ainsi que dans les fruits desséchés stockés dans les entrepôts. En raison de son extrême polyphagie, plusieurs espèces fruitières à intérêt agronomique ou des plantes ornementales sont des hôtes potentiels de cet insecte:

- ✓ Arachide: *Arachis hypogaea* (Sheppard, 1926)
- ✓ Abricotier: *Prunus armeniaca* (Warner, 1988)
- ✓ Amandier: *Prunus dulcis* (Dhouibi, 1991)
- ✓ Agrumes: *Citrus sp.* (Balachowsky, 1972)
- ✓ Caroubier: *Ceratonia siliqua* (Wilkinson, 1925) ; (Bodenheimer, 1930)
- ✓ Cognassier: *Cydonia oblonga* (De Stefani, 1919)
- ✓ Châtaigner: *Castanea sativa* (Lounsbury, 1919)
- ✓ Palmier dattier: *Phoenix dactylifera* (Adham, 1965) ; (Warner, 1988)
- ✓ Pistachier: *Pistacia vera* (Dhouibi, 1982)
- ✓ Pommier: *Malus domestica* (Krasil'Nikova, 1965) ; (Dhouibi, 1991)
- ✓ Pêcher: *Prunus persica* (Warner, 1988) ; (Yoshiyasu et Kitatsuji, 2008)
- ✓ Poirier: *Pyrus sp.* (Krasil'Nikova, 1965)
- ✓ Pomme de terre: *Solanum tuberosum* (Kashkuli et Eghtedar, 1976)
- ✓ Ricin commun: *Ricinus communis* (Zimmerman, 1958) ; Dhouibi (1982)
- ✓ Raisin: *Vitis vinifera* (Martinez-Sanudo *et al.*, 2013)
- ✓ Noyer: *Juglans regia* (Lounsbury, 1919) ; (Mozaffarian *et al.*, 2008)
- ✓ Olivier: *Olea europaea* (Mineo, 1967) ; (Serghiou, 1983)
- ✓ Grenadier: *Punica granatum* (Al-Izzi *et al.*, 1985) ; (Mozaffarian *et al.*, 2008)
- ✓ Figuier: *Ficus carica* (Trabut, 1923) ; (Gentry, 1965)

La pyrale des dattes est une espèce cosmopolite, qui s'étend sur une aire de répartition très vaste, allant du 30ème degré de latitude sud au 50ème nord (Balachowsky, 1972). Sa présence dans les dattes Algériennes est datée depuis 1904. D'autres études montraient sa présence dans les dattes du Moyen-Orient en 1993 (Le Berre, 1978). Doumandji (1981) a mentionné la présence de deux zones de multiplication en Algérie. La première ; une bordure littorale de 40 a 80 Km de large, s'allongeant sur près de 1000 Km, et la seconde constituée par l'ensemble des oasis dont les plus importantes sont situées le long de l'Oued Righ, entre Biskra et Ouargla.

Dans le bassin méditerranéen, ce ravageur était signalé au Portugal (Alfken, 1928), en Espagne (Agenjo, 1959), en France (Real, 1948), en Italie (Real, 1948), en Grèce (Georgevits, 1981), en Chypre (Wilkinson, 1925), à Malte (De Jong, 2013), au Maroc (Trabut, 1923), en Algérie (Durrant, 1915), en Libye (Bitaw *et al.*, 1988) et en Egypte (Shafik, 1938). Au Moyen Orient, la pyrale des dattes était signalée en Palestine (Gothilf, 1970), à l'Arabie Saoudite (Adham, 1965), en Syrie (Real, 1948), en Iraq (Al-Maliky et Al-Izzi, 1986) et en Iran (Farzaneh, 1984). Ce ravageur est également présent dans d'autres pays d'Asie tels que l'Afghanistan (Harvey, 2013), l'Inde (Hampson, 1903), le Japon (Sonda, 1963), la Russie (Krasil'Nikova, 1966) et la Turquie (Tokmakogiu *et al.*, 1967). Dans d'autres pays d'Europe, *E. ceratoniae* est également présente en Belgique (De Jong, 2013), en grande Bretagne (Vaughan, 1870 ; Jacobs, 1933), en Bulgarie (De Jong, 2013), aux Pays-bas (Huisman, 1974), en Pologne (De Jong, 2013) et à la République Tchèque (Sumpich et Skyva, 2008). La pyrale des dattes était aussi signalée en Afrique du sud (Lounsbury, 1919), à Madagascar (De Stefani, 1919), en Afrique subsaharienne: Mali, Sénégal et Tchad (Doumandji, 1981) et au Zimbabwe (Honiball et Catling, 1998). L'aire de répartition d'*E. ceratoniae* s'est même étendue à quelques régions du continent Américain de sud (Real, 1948): Argentine (Lange, 1991), Chili (Gonzalez et Cepeda, 1999), au centre : Jamaïque (McFarlane, 1962), Porto Rico (Leonard, 1933), Trinidad (CDFA, 1983) au nord : Etats unis d'Amérique, (Dyar, 1911 ; CDF A, 1983) et Hawaïi (Swezey, 1923 ; Zimmerman, 1958), et également en Australie (Michael, 1968) (Figure 37).



Figure 37. Répartition géographique de *Ectomyelois ceratoniae*

La pyrale des dattes présente un caractère extrêmement vorace causant de nombreux dégâts. L'importance des dégâts causés par ce ravageur varie selon la plante hôte, la variété, la densité de plantation, la charge et aussi les conditions climatiques (Balachowsky, 1972 ; Gothilf, 1970 ; Dhouibi, 1989 ; Jammazi, 1994). L'attaque débute au champ et se poursuit dans les entrepôts et les usines de conditionnement (Khoualdia *et al.*, 1995). En effet, les dattes infestées ne peuvent s'identifier que par le pédoncule du fruit operculé de soies blanches (Munier, 1973). La jeune chenille se glisse sous le reste du calice où elle commence à creuser à l'aide de ses pièces buccales une galerie qui l'amène bientôt dans l'espace central. La chenille se localise entre noyau et pulpe à partir de laquelle elle se nourrit. À l'intérieur du fruit infesté, se trouve un tissage soyeux très fin où s'accrochent des excréments (Figure 38). Les dattes véreuses ont une tendance de chuter de régime, sont alors impropres à la consommation et constituent un problème majeur pour les importateurs (Le Berre, 1978 ; Benouda *et al.*, 1989 ; Bernard, 2000). Selon Wertheimer (1958) et Lepigre (1963), le pourcentage d'attaque le plus élevé est de 10% et peut atteindre 30 % en Algérie. Le taux d'attaque peut aller de 4,4 à 23,8% sur les dattes de la variété Deglet Nour (Ideer, 1984). En effet, Le Berre (1975), précise que les dattes molles comme Ghars sont plus infestées que les demi-molle, elles-mêmes plus attaquées que les sèches. Il note aussi un niveau d'infestation de 8% pour la variété Ghars, 7% pour la variété Deglet Nour et 1,2% pour la variété Mech Degla ; tandis que Ben Adoune (1987), montre que la variété Deglet Nour est plus infestée (27%) que la variété Ghars (8,5%). Aussi, Ideer *et al.* (2009), ont enregistré dans les palmeraies de la région de Ouargla, un niveau d'infestation pouvant atteindre 57 %. À Ouargla, Doumandji-Mitiche (1983), signale qu'au sol, le pourcentage de fruits attaqués

est de 42,5% et peut aller jusqu'à 64,7% au niveau des lieux de stockage. D'après Bensalah (2015), le taux d'infestation évalué en 2013 dans une palmeraie à Tolga sur des dattes retombées par le sol est de 51,16 %, cependant, un taux de 20,64 % est enregistré sur les dattes en branchettes.



Figure 38. Dégâts de *Ectomyelois ceratoniae* sur les dattes (Originale, 2019).

- Position systématique de la pyrale des dattes selon Doumandji (1981)

Ectomyelois ceratoniae Zeller (1839) a été décrite pour la première fois en Autriche par Fischer von Röslerstamm (1838) et Zeller (1839) sous le nom de *Myelois ceratoniella* Zeller. Puis, elle a pris plusieurs dénominations dont certaines se réfèrent à ses hôtes de prédilection. Ainsi, elle fût appelée communément pyrale des dattes ou pyrale des caroubes. La pyrale des dattes occupe la position systématique suivante :

Embranchement : Arthropoda

Classe : Insecta

Division : Exopterygota

Ordre : Lepidoptera

Famille : Pyralidae

Genre : *Ectomyelois*

Espèce : *Ectomyelois ceratoniae* (Zeller, 1839).

L'identification de la souche de *Ectomyelois ceratoniae* utilisée a été effectuée au niveau de Laboratoire d'entomologie de la Station Régionale de Protection des Végétaux-Biskra (S.R.P.V). Les différents stades de développement de la pyrale des dattes se présentent comme suit :

a. Adulte

L'adulte est un microlépidoptère crépusculaire à nocturne dont les mensurations sont de 6 à 12 mm de longueur et de 16 à 22 mm d'envergure (Balachowsky, 1972). Les ailes sont étroites à leur base et s'élargissent sensiblement à l'extrémité. La paire antérieure est ornementée tandis que la postérieure est monochrome, uniforme et bordée par une rangée de soies blanchâtres. La couleur de l'adulte varie en fonction de sa répartition géographique et de son mode de vie du brun clair au gris brun (Figure 39) (Carpenter et Elmer, 1978 ; Pintureau et Daumal, 1979). Le dimorphisme sexuel chez les adultes est très net, ce qui facilite la reconnaissance des sexes à l'oeil nu. D'une part, l'envergure de la femelle est plus grande que celle du mâle (Mediouni, 2005 ; Mozaffarian *et al.*, 2007). D'autre part, au niveau de l'extrémité postérieure de l'abdomen, la femelle présente une petite dépression circulaire de laquelle sort l'ovipositeur alors que chez le mâle, deux valves sont visibles extérieurement au niveau de l'armature génitale (Dhouibi, 1989). La durée de vie de l'adulte varie de 3 à 5 jours (Wertheimer, 1958).

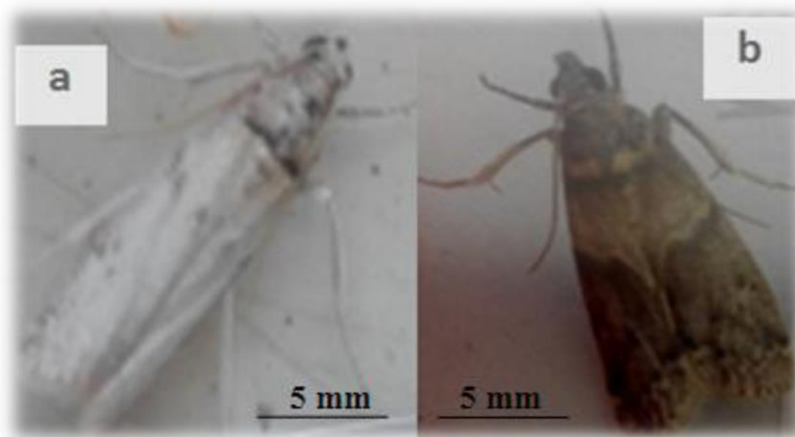


Figure 39. Adulte de *E. ceratoniae* : Morphe claire (a) et morphe sombre (b)

b. Oeuf

Les oeufs possèdent une forme ovoïde avec une face aplatie et une surface chagrinée dont la dimension est de 0.6 à 0.8 mm. Fraîchement pondu, l'oeuf est de couleur blanc crème luisant. Après 24 heures d'incubation, l'oeuf fertile change de couleur pour passer progressivement du rouge nuancé au rose en fonction du développement embryonnaire (Gothilf, 1968 ; Balachowsky, 1972 ; Navarro *et al.*, 1986). L'oeuf est muni d'une substance gluante qui permet sa fixation sur les fruits attaqués (Figure 40). Doumandji et Doumandji-Mitiche (1976), montrent que les oeufs stériles sont extrêmement rares. La durée d'incubation est de 3 à 7 jours selon la température (Wertheimer, 1958).



Figure 40. Œufs de *E. ceratoniae* (Originale, 2019).

c. Larve

Ce sont des larves éruciformes, ayant une couleur rouge jaunâtre à l'éclosion et qui devient jaune rosâtre par la suite (Doumandji, 1981). Balachowsky (1972) a signalé que la chenille d'*E. ceratoniae* est complètement rose sauf la tête qui est brun rouge et la plaque chitinisée brun foncé du thorax. Toutefois, Dhouibi (1989) a noté que la couleur de la larve dépend de sa nourriture. Le corps de larve est hérissé de quelque soie raide et constitué de 12 segments en plus de segment céphalique (Figure 41). La croissance de la larve se fait par mues successives au cours desquelles, la longueur des larves passe de 1 mm à 18 mm et la largeur de 0,1 à 3 mm (Le Berre, 1978). La chenille naît à la surface du fruit, creuse son chemin puis s'installe entre pulpe et noyau où se déroule le développement larvaire jusqu'à sa transformation en papillon (Gothilf, 1969). Elle passe par cinq stades larvaires dont chacune est caractérisée par sa taille, son poids, son nombre de crochets et la taille de sa capsule céphalique (Leberre, 1978 ; Dhouibi, 1991). Les travaux de Dhouibi (1982) indiquent que la durée de vie de la larve est variable de 6 semaines à 8 mois. La durée du cycle est en fonction avec la plante hôte, le degré de maturité du fruit et la température (Doumandji, 1981).



Figure 41. Larve (L5) de *E. ceratoniae* (Originale, 2019).

d. Chrysalide

D'après Doumandji (1981), La chrysalide a un corps de forme cylindro-conique et mesure environ 8 mm de longueur. Elle possède une enveloppe chitineuse de couleur brune entourée d'un fourreau de soie lâche (Figure 42). Généralement, la chrysalide se trouve dans la datte où la larve a effectué son développement. (Le Berre, 1978), mais, elle peut être placée par exemple dans un mur, un coin de caisse ou une fente de stipe de palmier. La durée de vie de la chrysalide est indéterminée (Lepigre, 1963).



Figure 42. Chrysalide de l'*E.ceratoniae* (Originale, 2019).

3.2.2. Elevage de masse

L'élevage a été conduit au niveau du laboratoire de la station régionale de la protection des végétaux (S.R.P.V.) à partir d'une souche d'*Ectomyelois ceratoniae* provenant des dattes véreuses collectées des palmeraies de Biskra. Les dattes infestées ont été mises dans des cages installées dans une chambre d'élevage à ambiance contrôlée (une humidité relative de $65 \pm 10\%$, une température de $27 \pm 2^\circ\text{C}$, et une photopériode 16 heures lumière et 8 heures obscurité) (Al-izzi *et al.*, 1987).

Après l'émergence, les papillons sont capturés à l'aide d'un tube à essai, puis, ils sont mis à l'intérieur de bouteilles pour favoriser leur accouplement, et par conséquent la ponte. Dans des conditions bien contrôlées, une femelle peut pondre jusqu'à 215 oeufs (Dhouibi, 1982). Les oeufs pondus sont déversés dans des boîtes en plastique contenant le milieu d'élevage artificiel composé de: Son de blé (44%), sucre (5%), levure de bière (4%), gluten (3%), acide citrique (1%), mélange de vitamines (1%), mélange de sels (1%), méthyle parabène (0,5%), acide ascorbique (0,5%) et eau distillée (40%) (Mediouni et Dhouibi, 2007).

Après quelques jours, les oeufs éclosent et le cycle de développement se déroule à l'intérieur des boîtes (Figure 43). Les oeufs fraîchement pondus, les adultes nouvellement

émergés (0-24 h) et des larves néonates de premier stade (L1) ont été collectés et utilisés pour les bioessais.

Le choix de ces stades est justifié, car une gestion efficace des oeufs et des larves de premier stade L1 réduirait le taux d'éclosion, la pénétration larvaire, et par conséquent le taux d'infestation. Un contrôle efficace des adultes limiterait leur polyphagie rapide et leur fécondité.

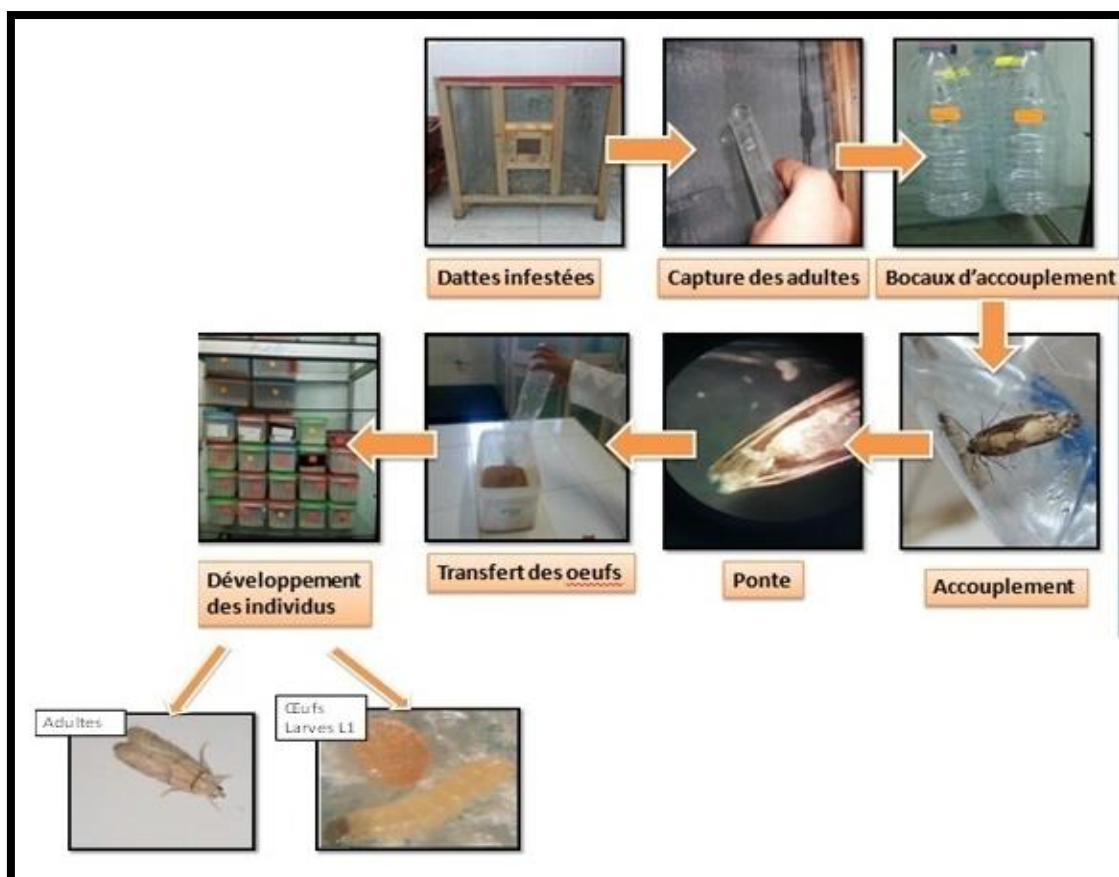


Figure 43. Elevage de masse de *E. ceratoniae*

3.2.3. Etude de toxicité des huiles essentielles

La toxicité est la capacité inhérente à une substance de produire des effets délétères sur l'organisme (Lauwerys *et al.*, 2007), et cela se traduit par des altérations spécifiques d'un organe, d'une fonction, d'un système ou d'un processus biologique/biochimique. Les effets de la toxicité varient en fonction de l'intensité, de la voie, de la fréquence et de la durée de l'exposition, mais aussi selon l'espèce, en fonction de l'âge, du sexe et de l'état de santé de la population exposée. Ils peuvent être immédiats ou différés, réversibles ou irréversibles (Bonvallot et Dor, 2005).

Selon Hoyoux (2002), quatre voies de contamination des insectes par les composés toxiques sont distinguées

- **Voie respiratoire:** L'insecte présente un système échangeur aérien multiple ramifié et profond constitué par des trachées qui apportent directement l'oxygène de l'air aux cellules. Il est possible d'obstruer mécaniquement ses pores aériens en introduisant un produit gazeux toxique dans l'air ce qui provoque la mort de l'insecte par asphyxie (Gastagnou et Guyotjeannin, 1969). La pénétration est d'autant plus importante que les substances sont volatiles (Boumia, 1999).

- **Voie digestive:** Les toxines détruisent les insectes broyeur qui s'alimentent par des substances traitées, après pénétration du produit dans leur tube digestif (Hoyoux, 2002).

- **Voie dermique:** les substances toxiques pénètrent à travers la cuticule de l'insecte pour atteindre les tissus internes (Regnault Roger, 2014). La pénétration est maximisée si la peau est lésée (Milpied Homs, 2009). La toxine peut agir sur les lipides cuticulaires, cela engendre l'affaiblissement de la cuticule et l'insecte devient plus vulnérable à l'action des substances toxiques hydrosolubles (Gastagnou et Guyotjeannin, 1969).

- **la voie systémique :** les substances toxiques pénètrent dans l'insecte traité puis elles sont véhiculées dans les différents organes ce qui entraîne leur dysfonctionnement (Hoyoux, 2002).

3.2.4. Tests de toxicité

L'étude de la toxicité porte sur les huiles essentielles extraites des espèces végétales à tester. Trois modes de traitement ont été étudiés.

3.2.4.1. Test de toxicité par contact

L'étude de l'activité ovicide des huiles essentielles est réalisée par une application topique. Pour cela, 20 œufs fraîchement pondus (24 h) ont été transférés dans une boîte de Pétri ($\varnothing = 90$ mm) puis pulvérisée par une solution de 1 mL d'huile essentielle diluée avec Tween 20 (1%), correspondant aux concentrations suivantes : 0,5, 1, 1,5, 2 et 2,5 mg/mL pour chaque échantillon. Trois répétitions ont été effectuées pour chaque dose avec un témoin correspondant pulvérisé uniquement avec du Tween 20 dilué. Le dénombrement des œufs pondus (œufs éclos et non éclos) est effectué quotidiennement sous une loupe binoculaire.

3.2.4.2. Test de toxicité par inhalation

Pour déterminer la gamme de concentrations testées pour les huiles essentielles étudiées, des tests préliminaires ont été menés. Une solution de 1 mL pour chaque huile dissoute dans un Tween 20 (1%) correspondant aux concentrations suivantes : 0,1, 0,2, 0,3 et 0,4 mg/mL a été déposée sur un morceau de coton. Ensuite, le morceau de coton est suspendu à l'aide d'un fil à la face interne du couvercle d'une bouteille en plastique de 500 mL. Les bouteilles étaient bien fermées, recouvertes de parafilm et chacune d'elles contenait séparément dix adultes

nouvellement émergés (<24 h). En plus du témoin, chaque traitement a été répété trois fois. La mortalité des insectes a été déterminée après 3, 6, 12 et 24 h de traitement.

3.2.4.3. Test de toxicité par ingestion

Sur la base des testes préliminaires, des doses sont choisies. Dix larves de premier stade (L1) nouvellement émergées (<24 h) ont été introduites dans des boîtes de Pétri ($\varnothing = 90$ mm), contenant 20 g de régime artificiel préalablement traité avec 1 ml des solutions des huiles essentielles/Tween 20 (1%) correspondant aux concentrations suivantes : 1, 4, 7 et 10 mg/mL. La mortalité a été enregistrée tous les trois jours à l'aide d'une loupe binoculaire. L'essai d'alimentation a été mené pendant 12 jours en 3 répétitions en plus du témoin. Une larve était considérée morte lorsqu'elle était complètement immobile après son excitation. Dans le cas échéant, la larve passe au stade suivant (L2).

3.2.5. Analyses statistiques

3.2.5.1. Correction de la mortalité

Le nombre d'individus morts dans une population traitée par une substance toxique n'est pas le nombre réel d'individus tués par cette substance. Il existe dans toute population une mortalité naturelle qui s'ajoute à la mortalité provoquée par la substance appliquée. Les pourcentages de mortalité doivent être corrigés par la formule d'Abbott (1925) :

$$\text{Pourcentage de mortalité corrigé (\%)} = \frac{X-Y}{X} \times 100$$

X= Nombre de vivants dans le lot témoin

Y= Nombre de vivants dans le lot traité

3.2.5.2. Calcul de la CL_{50}

L'efficacité d'une substance toxique se mesure par sa CL_{50} qui correspond à la dose nécessaire pour que 50% des individus d'une population meurent suite à un traitement par une substance quelconque (Ramade, 2007). Elle est déterminée à partir du tracé des droites de régression où les pourcentages de mortalité corrigées de chaque traitement sont transformés en probites et les doses en Log doses selon la méthode de Finney (1952) à l'aide du logiciel XLSTAT (2016).

3.2.5.3. Test ANOVA

Les valeurs des pourcentages de mortalité pour les différentes concentrations ont été soumises à une analyse de variance (ANOVA) à l'aide du logiciel XLSTAT (2016). Les différences entre les moyennes ont été testées par le test de Tukey et les valeurs avec $P \leq 0,05$ ont été considérées comme significativement différentes.

3.3. Résultats et discussion

3.3.1. Tests par inhalation

3.3.1.1. Effet insecticide des huiles essentielles d'*A. herba alba* Esp et Alg sur la longévité des adultes

Les résultats obtenus pour l'huile d'*A. herba alba* Alg ont montré une forte efficacité pour toutes les concentrations testées 0,1 mg/mL, 0,2 mg/mL, 0,3 mg/mL et 0,4 mg/mL qui ont dépassé les 50% de mortalité au bout de 24 h. La concentration maximale de 0,4 mg/mL a présenté la mortalité la plus élevée 96,3% et s'est avérée la plus toxique provoquant une mortalité presque totale des adultes au bout de 24 h. La variance des résultats a montré qu'il y a une différence hautement significative entre l'influence du temps et de la concentration sur la mortalité des adultes. ($F=96,77$; $P < 0,0001$) (Annexe 3). Les résultats obtenus après le traitement par l'huile de *A. herba alba* Esp ont montré une forte efficacité représentée par une mortalité qui a dépassé 75% enregistrée par la concentration maximum 0,4 mg/mL, alors que pour la concentration minimum 0,1 mg/mL la mortalité était de 46% au bout de 24 h (Figure 44). En effet, on a observé une augmentation du taux de mortalité en fonction de la concentration d'huile et du temps d'exposition.

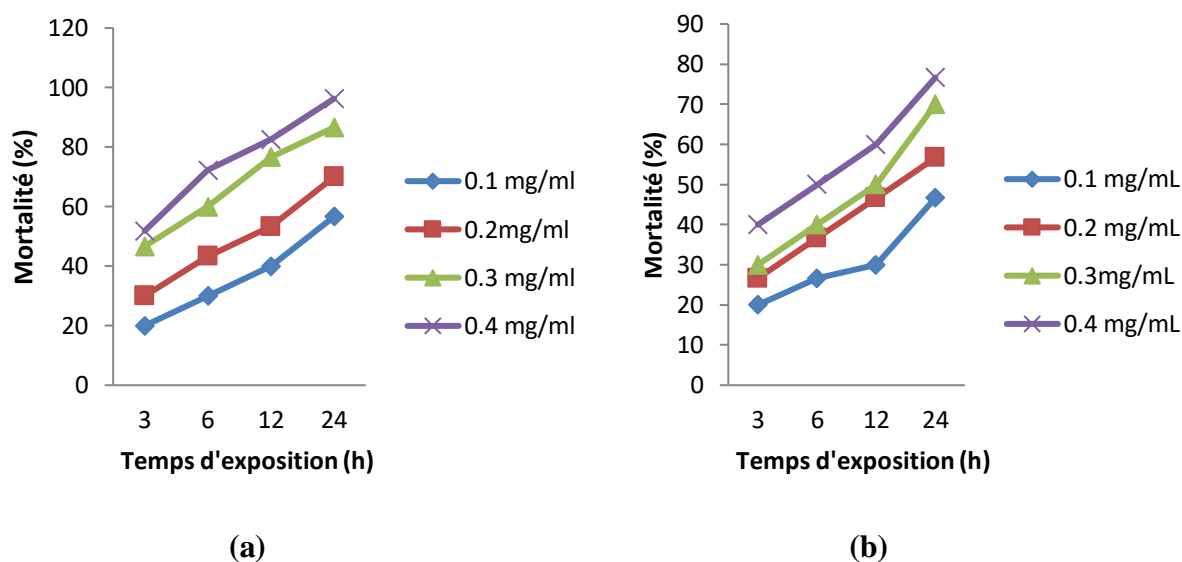


Figure 44. Evolution de la mortalité des adultes d'*E. ceratoniae* en fonction du temps et des différentes concentrations des huiles essentielles d'*A. herba alba* algérien (a) et espagnol (b)

3.3.1.2. Effet insecticide des huiles essentielles de *S. officinalis* Alg et Esp sur la longévité des adultes

D'après la figure ci-dessous, une augmentation du taux de mortalité a été observée en fonction de la concentration et du temps de façon notable. L'huile de *S. officinalis* Alg a

occasionné un taux de mortalité maximum de 72,22% pour la concentration 0,4 mg/mL après 24h, alors que le taux minimum de mortalité 27,41% est enregistré pour la concentration 0,1 mg/mL. L'huile de *S. officinalis* Esp s'est montré toxique, dont le taux de mortalités maximum enregistré ne dépasse pas 80% au bout de 24h (Figure 45). L'analyse de la variance a montré qu'il y a une différence significative de l'effet huile sur la mortalité du ravageur par rapport au temps d'exposition et à la concentration.

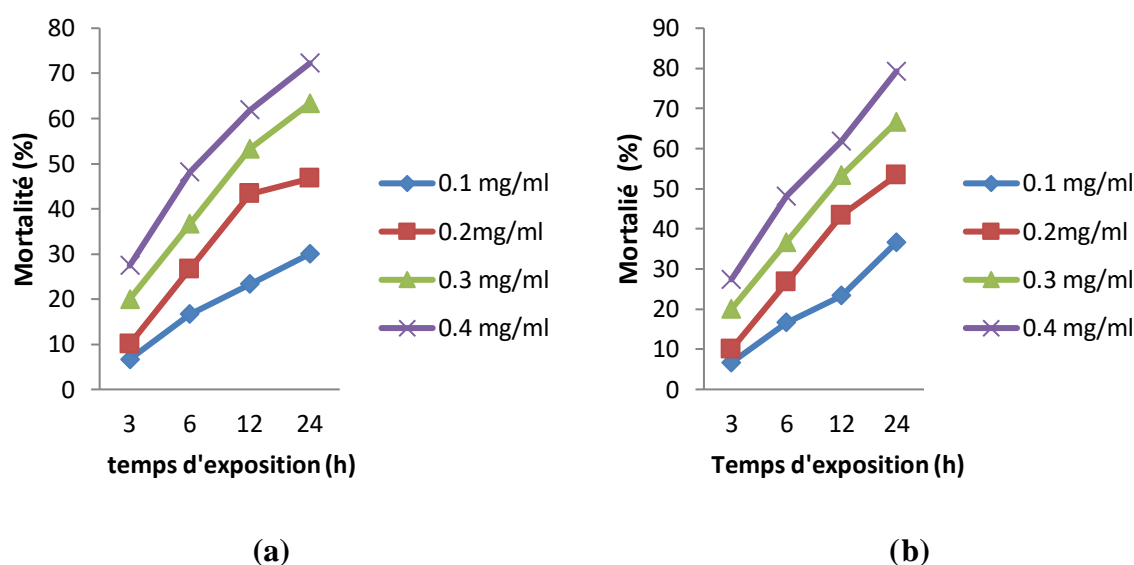


Figure 45. Evolution de la mortalité des adultes d'*E. ceratoniae* en fonction du temps et des différentes concentrations des huiles essentielles de *S. officinalis* d'Algérie (a) et d'Espagne (b)

3.3.1.3. Effet insecticide des huiles essentielles de *T. algeriensis* et *T. hyemalis* sur la longévité des adultes

Toutes les concentrations appliquées ont montré un effet toxique sur les adultes après 3, 6, 12 et 24 h d'exposition. Cette toxicité augmente progressivement à mesure que la concentration augmente. Les adultes traités avec l'huile de *T. hyemalis* ont atteint 96,67% de mortalité à la concentration maximale 0,4 mg/mL après 24 h, suivis de 80% avec l'huile de *T. algeriensis* (Figures 46). De plus, les résultats du test biologique CL_{50} ont également montré une efficacité plus élevée pour l'huile de *T. hyemalis* 0,11 mg/mL par rapport au *T. algeriensis* 0,19 mg/mL après 24 h (Annexe 24).

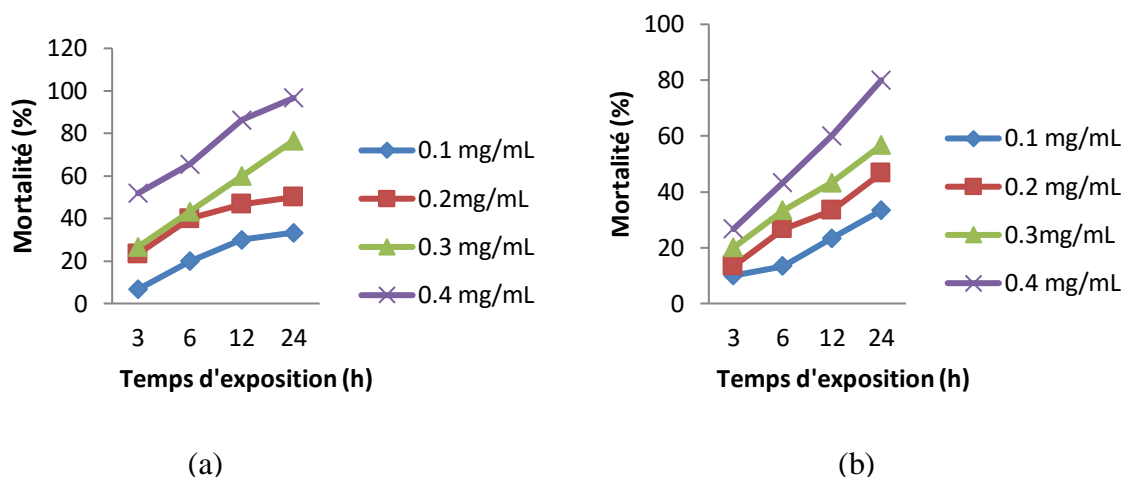


Figure 46. Evolution de la mortalité des adultes d'*E. ceratoniae* en fonction du temps et des différentes concentrations des huiles essentielles de *T. hyemalis* (a) et *T. algeriensis* (b)

3.3.1.4. Effet insecticide des huiles essentielles de *R. officinalis* Alg et Esp sur la longévité des adultes

Les deux huiles de *R. officinalis* de provenance Algérienne et Espagnole étaient actives contre les adultes d'*E. ceratoniae* (Figures 47). A la concentration la plus élevée (0,4 mg/mL), *R. officinalis* Esp a atteint plus de 82,22 % de mortalité après 24 h d'exposition, suivi de 66,67 % de *R. officinalis* Alg. Les valeurs de CL₅₀ correspondantes étaient respectivement de 0,17 et 0,30 mg/mL après 24 h (Annexe 26). *R. officinalis* Esp semble plus toxique. Il y avait une corrélation significative entre la mortalité des adultes, les doses et le temps ($F = 18,51$; DDL= 8; $P < 0,05$) (Annexe 7).

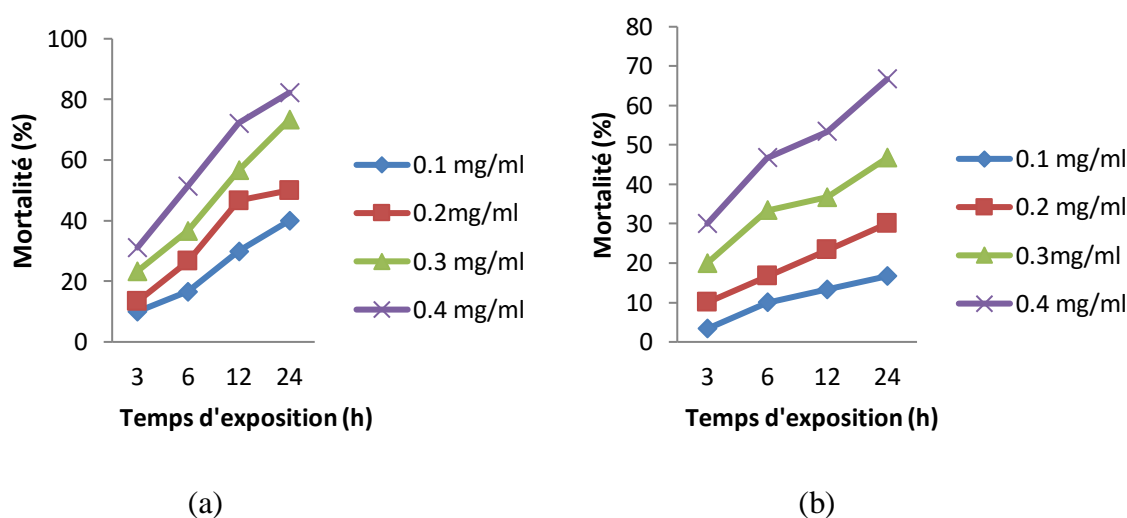


Figure 47. Evolution de la mortalité des adultes d'*E. ceratoniae* en fonction du temps et des différentes concentrations des huiles essentielles de *R. officinalis* algérien (a) et *R. officinalis* espagnol (b)

3.3.1.5. Effet insecticide des huiles essentielles de *E. globulus* Alg et Esp sur la longévité des adultes

L'huile essentielle de *E. globulus* Alg a provoqué seulement 56,67% de mortalité à la dose 0,4 mg/mL, après 24h d'exposition. Dans les mêmes conditions, la mortalité des adultes était de 85,93% pour le traitement avec l'huile d' *E. globulus* Esp (Figure 48). Ces résultats montrent que les deux huiles essentielles sont toxiques sur les adultes par fumigation, bien que celle d' *E. globulus* Espagnol s'est montrée plus efficace et nous a permis d'enregistrer la CL₅₀ la plus faible de l'ordre de 0,27 mg/mL après 24h (Annexe 28).

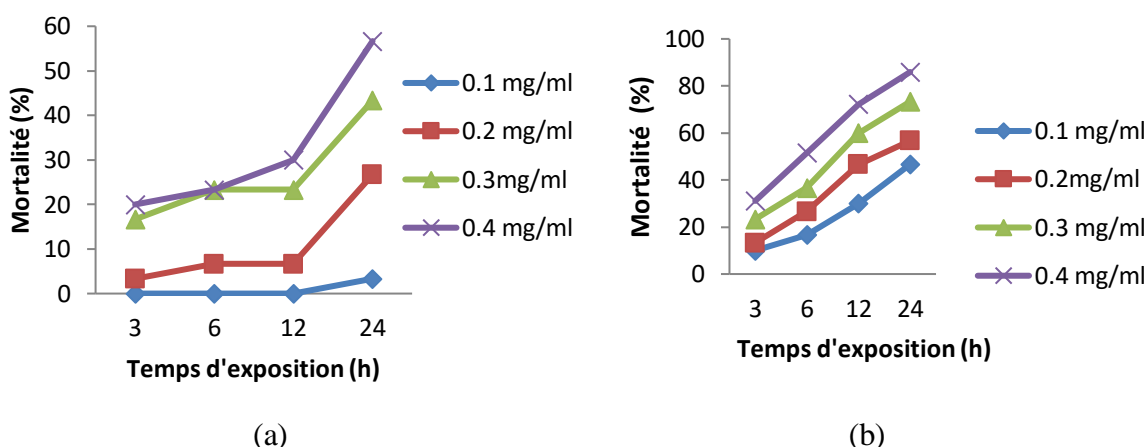


Figure 48. Evolution de la mortalité des adultes d'*E. ceratoniae* en fonction du temps et des différentes concentrations des huiles essentielles d' *E. globulus* algérien (a) et espagnol (b)

3.3.2. Tests par ingestion

3.3.2.1. Effet insecticide des huiles essentielles d'*A. herba alba* Alg et Esp sur les larves de premier stade L1

Nos résultats montrent que l'application de toutes les concentrations d'huile d'*A. herba alba* Alg sur les larves du 1^{er} stade de la pyrale des dattes a causé une mortalité qui varie entre 26, 67 et 96,67% pour les différentes durées d'exposition 3, 6, 9 et 12 jours (Figure 49). Cependant, une corrélation positive significative a été observée entre les mortalités, les doses et le temps d'exposition ($F=20,23$; $DDL= 8$; $P < 0,05$) (Annexe 13). Les mortalités enregistrées sont proportionnelles aux temps d'exposition et aux doses employées. Au 12^{ème} jour d'exposition, des taux de mortalité entre 40 à 84% ont été occasionnés par les différentes doses testées de l'huile d'*A. herba alba* Esp. Cependant, Après une durée d'exposition à cette huile essentielle de 9 jours, le taux de mortalité est presque stable pour toutes les doses.

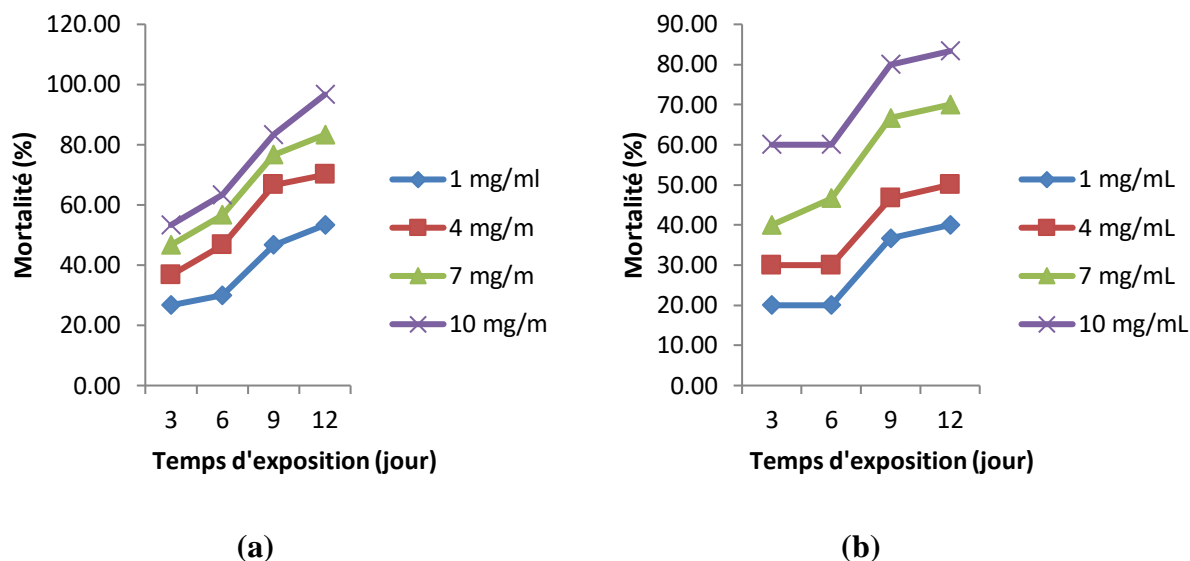


Figure 49. Evolution de la mortalité des larves de 1^{ier} stade d'*E. ceratoniae* en fonction du temps et des différentes concentrations de l'huile essentielle de *A. herba alba* algérien (a) et espagnol (b)

3.3.2.2. Effet insecticide des huiles essentielles de *T. hyemalis* et *T. algeriensis* sur les larves de premier stade L1

D'après les résultats illustrés ci-dessous, les taux de mortalité des larves observés en fonction du temps et des différentes doses montrent que les deux huiles de thym testées sont efficaces. Cependant la mortalité a été notée à partir de 3^{ème} jour d'exposition à la plus faible dose 1 mg/mL pour l'huile de *T. algeriensis*. La mortalité augmente avec l'accroissement des doses et avec l'allongement du temps pour atteindre les 83,33 et 66,67% de mortalité pour l'huile de *T. hyemalis* et *T. algeriensis* respectivement au bout de 12^{ème} jours (Figure 50).

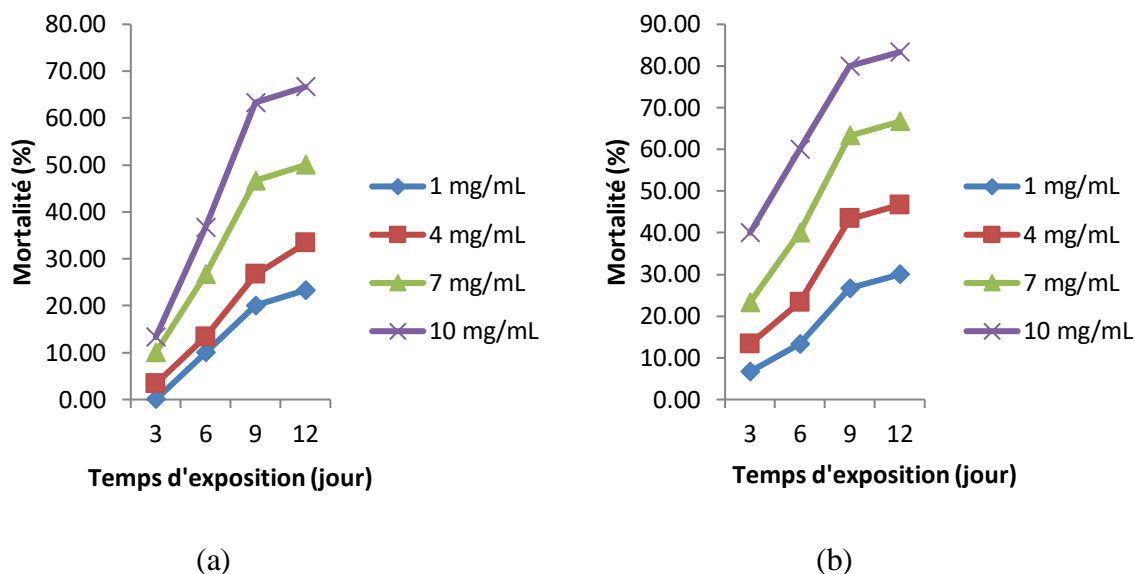


Figure 50. Evolution de la mortalité des larves de 1^{er} stade d'*E. ceratoniae* en fonction du temps et des différentes concentrations des huiles essentielles de *T. algeriensis* (a) et *T. hyemalis* (b)

3.3.2.3. Effet insecticide des huiles essentielles d' *E. globulus* Alg et Esp sur les larves de premier stade L1

Une activité moyennement toxique à hautement élevée se révèle nettement dans le tracé des figures ci-dessous avec les huiles des feuilles des deux plantes étudiées. Les mortalités causées oscillent entre 10 à 70% pour *E. globulus* Esp et 4 à 40% pour *E. globulus* Alg (Figure 51). En effet, une augmentation des taux de mortalité est observée en fonction de la dose employée et de la durée d'exposition. C'est ainsi qu'après le 9^{eme} jour des mortalités modérées pour toutes les doses ont été notées.

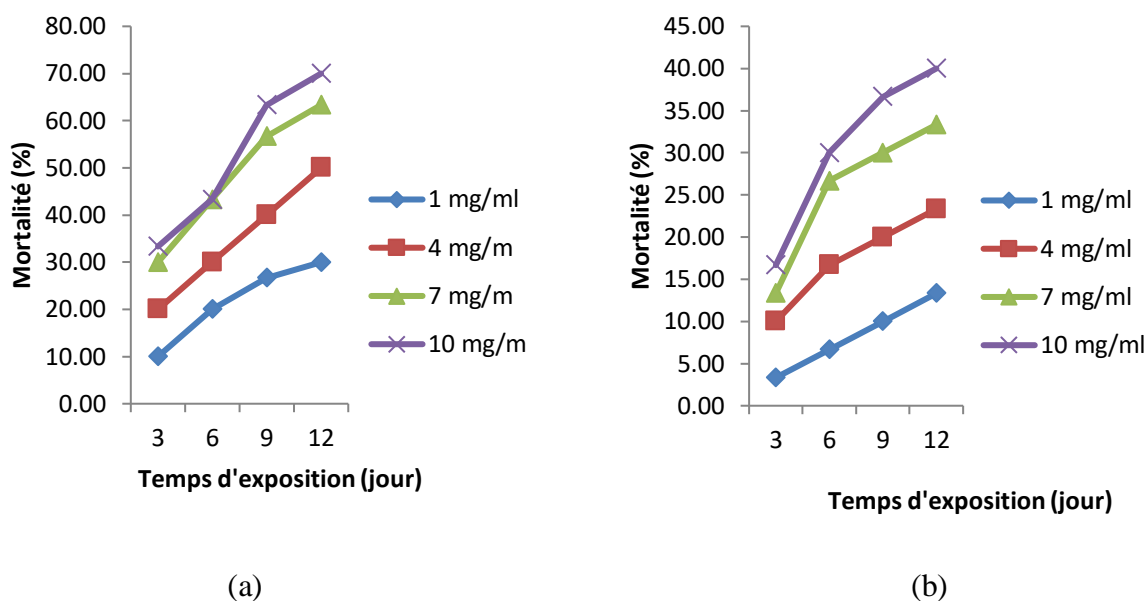


Figure 51. Evolution de la mortalité des larves de 1^{er} stade d'*E. ceratoniae* en fonction du temps et des différentes concentrations des huiles essentielles de *E. globulus* espagnol (a) et *E. globulus* algerien (b)

3.3.2.4. Effet insecticide de des huilse essentielles de *S. officinalis* Alg et Esp sur les larves de premier stade L1

D'après la figure ci-dessous, les taux de mortalité augmentent au fur et à mesure avec l'augmentation des doses et du temps d'exposition. L'huile des feuilles de *S. officinalis* Esp s'est révélée toxique, elle a provoqué une mortalité de 76% à la dose de 10 mg/mL. Ceci est confirmé par la CL₅₀ calculée (4,85 mg/mL) (Annexe 50). La réponse des jeunes larves à l'huile de *S. officinalis* Alg par ingestion était relativement lente. Les resultats ont montré une augmentation du taux de mortalité de 53% après le 9^{ème} jour jusqu'à 56% au 12^{ème} jour à forte dose. Une stagnation est notée pendant les trois derniers jours avec presque un même taux de mortalité pour toutes les concentrations (Figure 52). Cependant, l'effet de la variation des doses et du temps sur la mortalité moyenne, montre un effet très hautement significatif (Annexe 20).

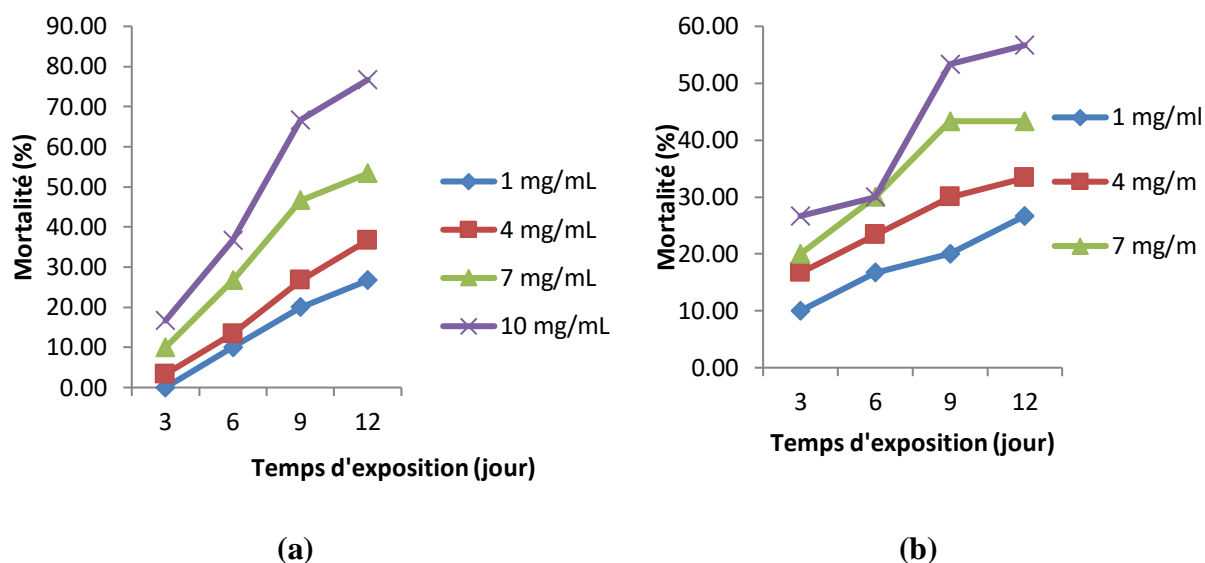


Figure 52. Evolution de la mortalité des larves de 1^{ier} stade d'*E. ceratoniae* en fonction du temps et des différentes concentrations de l'huile essentielle de *S. officinalis* espagnol (a) et algérien (b)

3.3.2.5. Effet insecticide de des huile essentielles de *R. officinalis* Alg et Esp sur les larves de premier stade L1

Les deux huiles essentielles ont montré une toxicité moyenne par ingestion. Les résultats ont indiqué qu'à la concentration de 10 mg/mL, l'huile de *R. officinalis* Alg a provoqué seulement 43,33% des mortalités des jeunes larves. Cependant, à la même concentration, 70% de mortalité a été obtenu avec *R. officinalis* Esp. Les concentrations 1 et 4 mg/mL ont montré une faible activité larvicide qui ne dépasse pas les 50% de mortalité (Figure 53). Les résultats ont montré que les jeunes larves étaient significativement plus sensibles à l'huile de *R. officinalis* Esp avec une valeur de CL₅₀ égale à 3,40 mg/mL. Alors que les jeunes larves étaient plus résistantes à l'huile de *R. officinalis* Alg avec une CL₅₀ égale à 4,97 mg/mL (Annexe 60).

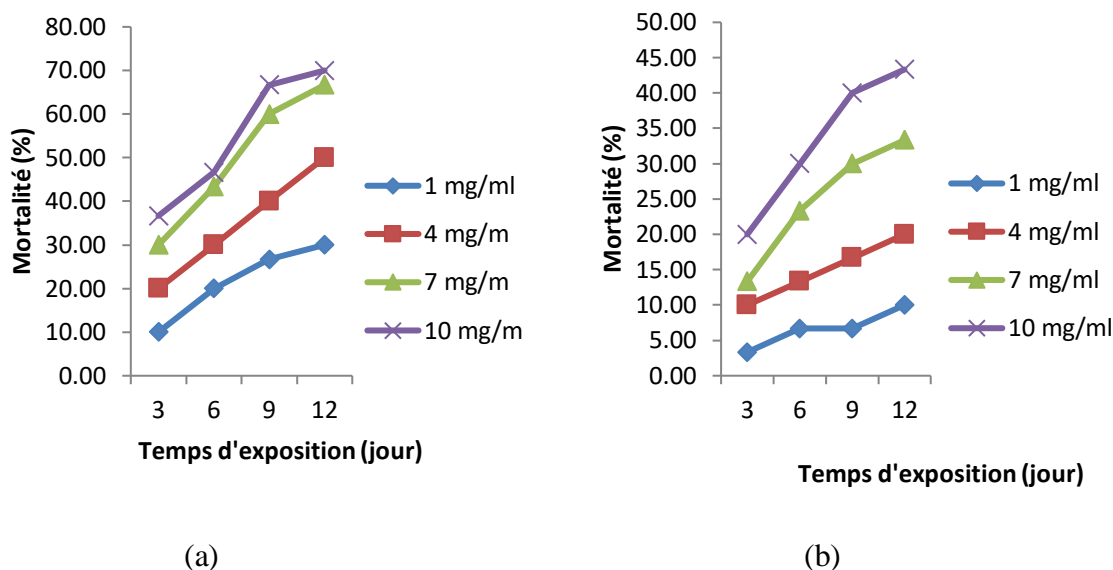


Figure 53. Evolution de la mortalité des larves de 1^{ier} stade d'*E. ceratoniae* en fonction du temps et des différentes concentrations des huiles essentielles de *R. officinalis* algerien (a) et *R. officinalis* espagnol (b)

3.3.3. Tests par contacte

Tableau 6. Inhibition de taux d'éclosion par les huiles essentielles testées en fonction de différentes concentrations.

Dose (mg/mL)	<i>A. herba alba</i> Alg	<i>T. hyemalis</i>	<i>T. algeriensis</i>	<i>R. officinalis Esp</i>	<i>R. officinalis Alg</i>	<i>A. herba alba</i> Esp	<i>S. officinalis Alg</i>	<i>S. officinalis Esp</i>	<i>E. globulus Esp</i>	<i>E. globulus Alg</i>
0.5	53.33	42.37	33.95	35.00	33.33	44.04	30.00	35.00	36.67	21.67
1	61.67	54.21	49.12	50.00	43.33	55.80	45.00	46.67	48.33	48.33
1.5	71.67	71.14	59.30	58.33	53.33	69.47	55.00	56.67	58.33	26.67
2	91.67	84.74	71.14	70.00	55.00	76.23	63.33	65.00	65.00	43.33
2.5	100.00	100.00	84.74	78.33	60.00	81.32	76.67	78.33	75.00	53.33

D'après le tableau 6 de l'évolution de l'effet ovicide des huiles essentielles par contact en fonction des concentrations testées, une variabilité en taux d'éclosion des oeufs est observée, ainsi qu'un effet d'espèce végétale s'est distingué. En effet, à la plus forte dose 2,5 mg/mL, les huiles essentielles d' *A. herba alba* Alg et *T. hymalis* ont induit a l'inhibition totale de l'eclosion des oeufs (100%), les essences de *T. algeriensis*, *A. herba alba* Esp, *S. officinalis* Esp et Alg, *E. globulus* Esp et *R. officinalis* Esp ont induit à l'élimination de l'éclosion de plus de 70% des oeufs et les huiles essentielles de *R. officinalis* Alg et *E. globulus* Alg ont réduit de manière modérée le nombre des œufs éclos (60% et 53% respectivement).

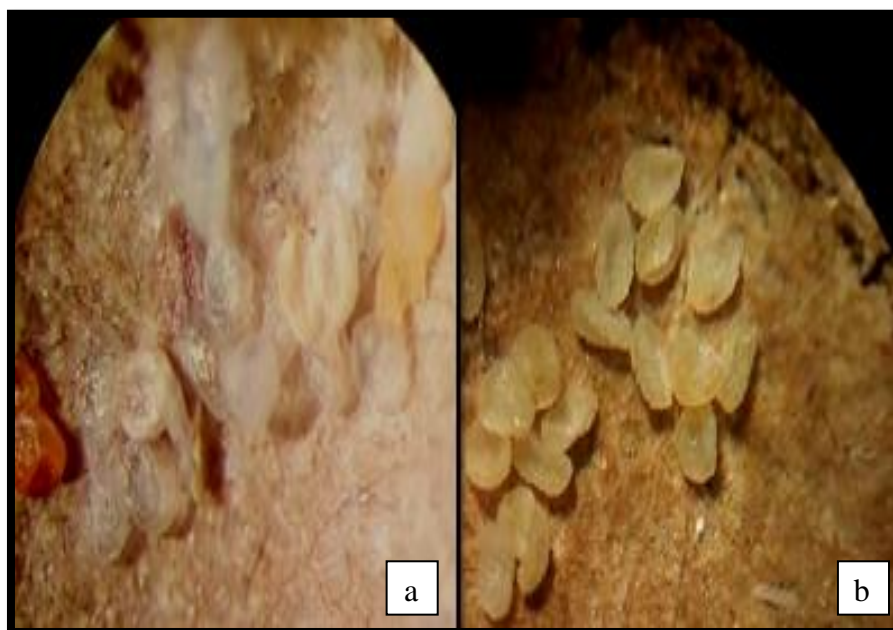


Figure 54. Action des huiles essentielles testées sur les oeufs de *E. ceratoniae* (a: Embryon mort, b: Oeufs déformés)

3.3.4. Efficacité comparée des huiles essentielles des dix plantes étudiées

La classification hiérarchique ascendante CAH des huiles essentielles réalisée sur la base des critères de la mortalité moyenne (%), par l'effet contact, inhalation, ingestion (Tableau 7, 8 et 9), a permis de bien illustrer les classes des huiles formées selon la méthode de dissimilarité générale.

Tableau 7. Classes hiérarchique des huiles essentielles formées sur la base de la mortalité des adultes de *E. ceratoniae*

Huile essentielle	Moyenne de mortalité (%)	Classe
<i>A. herba alba</i> Alg	50.22	1
<i>T. hyemalis</i>	43.64	2
<i>A. herba alba</i> Esp	41.52	2
<i>E. globulus</i> Esp	40.25	2
<i>R. officinalis</i> Esp	39.20	2
<i>S. officinalis</i> Esp	37.21	3
<i>S. officinalis</i> Alg	36.31	3
<i>T. algeriensis</i>	36.02	3
<i>R. officinalis</i> Alg	30.70	3
<i>E. globulus</i> Alg	20.63	4

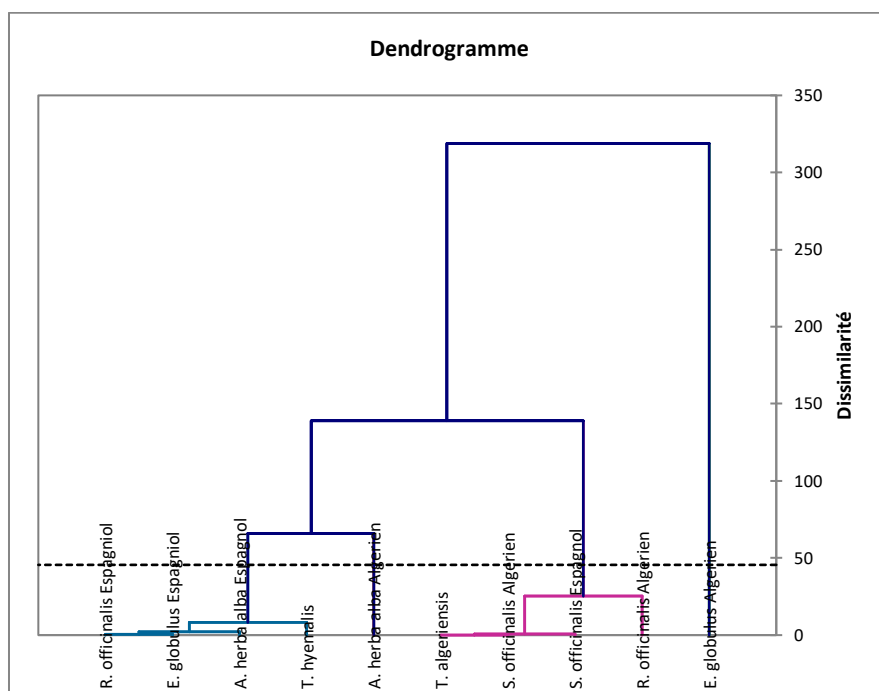


Figure 55. Classification hiérarchique ascendante des huiles essentielles étudiées selon la mortalité des adultes de *E. ceratoniae*.

Les 10 individus analysés sont répartis selon le coefficient de dissimilarité de 350 en quatre classes. La première classe est constituée de l'huile essentielle d'*A. herba-alba* Alg, c'est l'huile la plus efficace par rapport aux autres huiles représentant une mortalité de 50,22%. La deuxième classe comprend les huiles qui ont un effet toxique modéré; *T. hyemalis*, *A. herba alba* Esp, *E. globulus* Esp et *R. officinalis* Esp. La troisième classe renferme les huiles de *S. officinalis* Esp, *S. officinalis* Alg, *T. algeriensis* et *R. officinalis* Alg, qui ont montré un effet moins modéré par rapport aux huiles essentielles précédentes. La dernière classe présente l'huile de *E. globulus* Alg comme étant la plus faible avec une mortalité de 20,63% (Figure 55).

Tableau 8. Classes hiérarchique des huiles essentielles formées sur la base de la mortalités des larves de *E. ceratoniae*

Huile essentielle	Moyenne de mortalité (%)	Classe
<i>A. herba alba</i> Alg	50.94	1
<i>A. herba alba</i> Esp	44.00	2
<i>T. hyemalis</i>	41.20	2
<i>R. officinalis</i> Esp	39.06	2
<i>E. globulus</i> Esp	38.06	2
<i>S.officinalis</i> ALg	32.70	3
<i>S. officinalis</i> Esp	30.50	3
<i>T. algeriensis</i>	29.42	3
<i>E. globulus</i> Alg	25.61	3
<i>R. officinalis</i> Alg	24.85	3

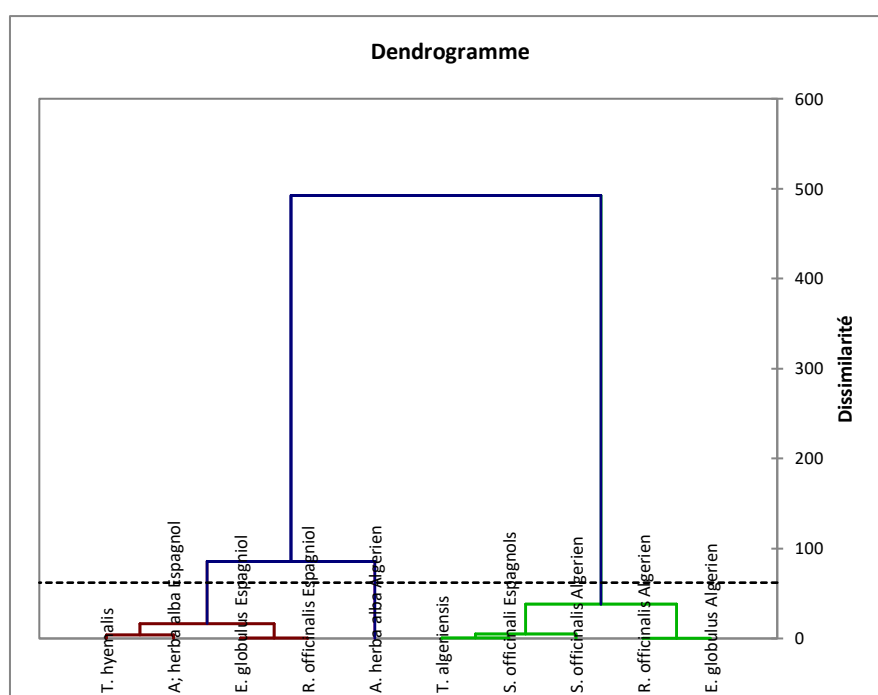


Figure 56. Classification hiérarchique ascendante des huiles essentielles étudiés selon la mortalité des larves L1 de *E. ceratoniae*.

La classification hiérarchique ascendante CAH des huiles essentielles a révélé qu'il y'a trois classes qui ont montré des effets variables sur la mortalité des larves. En effet la première classe est constitué de l'huiles essentielle de *A. herba alba* Alg, qui a induisé l'élimination de plus de 50 % de la population d'*E. ceratoniae* (Efficace). Les huiles appartiennent au 2^{ème} classe ont montré des taux de mortalités qui varient entre 38 et 44%

Chapitre III: Effets bioinsecticides des huiles essentielles sur *E. ceratoniae*

(Moyennement efficace). La dernière classe est constituée des huiles essentielles de *S. officinalis* Alg, *S. officinalis* Esp, *T. algeriensis*, *E. globulus* Alg et *R. officinalis* Alg ayant les propriétés anti-appétantes les plus faibles par rapport aux autres huiles (< 32%) (Figure 56).

Tableau 9. Classes hiérarchique des huiles essentielles formées sur la base de l'inhibition de taux d'éclosion des oeufs de *E. ceratoniae*

Huile essentielle	Inhibition de taux d'éclosion (%)	Classe
<i>A. herba alba</i> Alg	63.99	1
<i>T. hyemalis</i>	60.49	1
<i>A. herba alba</i> Esp	54.35	2
<i>T. algeriensis</i>	52.97	2
<i>R. officinalis</i> Esp	50.02	2
<i>E. globulus</i> Esp	49.08	2
<i>S. officinalis</i> Esp	47.60	2
<i>S. officinalis</i> Alg	47.42	2
<i>R. officinalis</i> Alg	44.59	2
<i>E. globulus</i> Alg	35.62	3

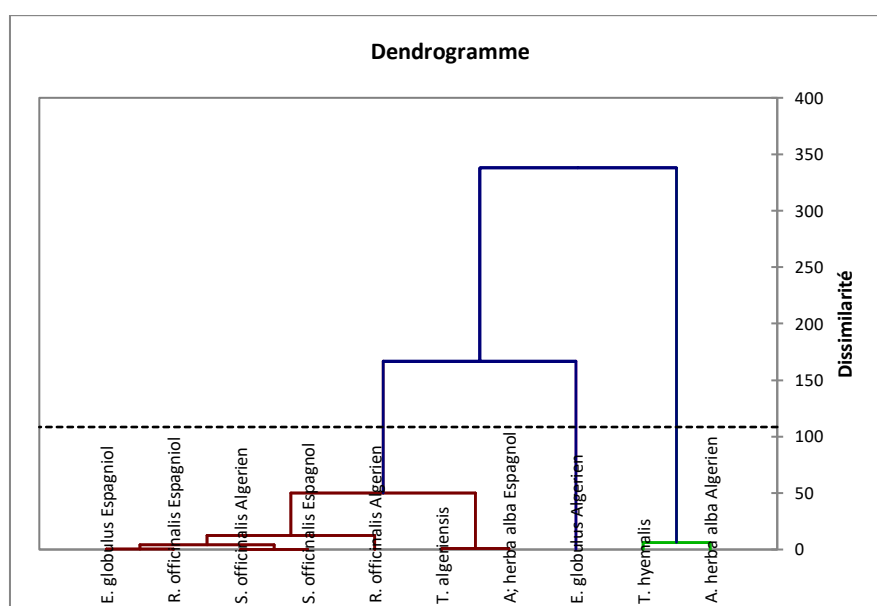


Figure 57. Classification hiérarchique ascendante des huiles essentielles étudiées selon le taux d'inhibition de l'éclosion des oeufs d'*E. ceratoniae*

D'après les résultats ci-dessus, l'action par contacte a enregistré des inhibitions de l'éclosion des oeufs maximales de l'ordre de 63.99 % chez *A. herba alba* Alg et de 60,49 % chez *T. hyemalis* (Classe 1). Les autres plantes enregistrent des taux de mortalité moyennes, convergentes et inférieures à 55% (Classe 2). *E. globulus* Alg s'est montré le moins toxique par rapport aux autres huiles (Classe 3) (Figure 57).

3.4. Discussion

La présente étude a révélé que l'efficacité des huiles essentielles testées est fonction de leurs principaux constituants majoritaires, quelque soit le facteur biologique d'*E. ceratoniae* considéré. Les huiles essentielles analysées sont constituées majoritairement de monoterpènes notamment; l' α pinène, le camphor et le 1,8-cineole pour les unes et p-cymène et le α -thuyone pour les autres. Pour chaque huile essentielle testée, les résultats des tests statistiques montrent qu'il existe une variation concernant le taux de mortalité de l'insecte qui dépend de la dose utilisée et la durée d'exposition. Selon Kim *et al.* (2003) les effets toxiques des huiles essentielles dépendent de l'espèce d'insecte, de la plante testée et du temps d'exposition. Le mode d'action des huiles essentielles est très variable, pouvant avoir une activité de fumigène, d'insecticide de contact par pénétration au niveau du corps de l'insecte, d'anti-appétant, de répulsif, ou même affecter certains paramètres biologiques tels que le taux de croissance, la durée de vie et la reproduction (Saxena *et al.*, 1992 ; Shaaya *et al.*, 1997 ; Isman ,2006).

Les résultats auxquels nous sommes arrivés dans les traitements par contact corroborent ceux de Bachrouch *et al.* (2010) qui ont montré que l'huile essentielle de *Pistacia lentiscus* collectée de la région de Siliana (Nord-Ouest Tunisie) a entraîné la mortalité de 57.1% des oeufs d'*E. ceratoniae* à la dose 136 mL/L air. Amri *et al.* (2014), ont indiqué qu'il n'y a pas de différence significative entre l'effet des huiles essentielles de *Thymus capitatus*, *Pinus halepensis* et *Rosmarinus officinalis* collectées dans la localité de Korbous (Nord-Est Tunisie) sur les oeufs d'*E. ceratoniae* traitées par contact. Ces huiles ont entraîné respectivement des taux d'inhibition de l'éclosion de 100, 84 et 100% à la dose 20 μ l/ml après 24 heures. Cependant, l'exposition aux vapeurs d'huiles essentielles d'*Artemisia herba-alba* a provoqué 0% du taux d'éclosion des œufs d' *E. ceratoniae* à la concentration de 150 μ l/l d'air après 48 heures d'exposition. Dans les mêmes conditions, le taux d'éclosion était 31,2 % lorsque les œufs étaient exposés à l'huile de *Citrus sinensis* (Ben-Chaabane *et al.*, 2019). En plus, des résultats similaires enregistrés par Yousfi *et al.* (2019), ont montré que les deux huiles végétales d'*Eucalyptus viminalis* et *Rosmarinus officinalis* extraites de la région de Jendouba (Tunisie) ont une activité ovicide contre les œufs d' *E. ceratoniae*. A la concentration la plus élevée (170,2 μ l/l d'air), l'huile d'*Eucalyptus viminalis* riche en 1,8 cineole (77.47%) a atteint 100 % de mortalité contre 90 % pour l'huile de *Rosmarinus officinalis* (50.36% de 1,8 cineole). Selon Mediouni-ben Jemâa (2015), les huiles essentielles d'*Eucalyptus* : *E. camaldulensis*, *E. leucoxydon* et *E. transcontinentalis* qui contenaient 20.62, 17.62 et 82.82 % de 1,8 cineole ont causé une inhibition d'éclosion des oeufs d'*E. ceratoniae* de 25, 22 et 17 % respectivement. L'effet ovicide des huiles essentielles a été prouvé par plusieurs travaux, Rice et Coasts (1994), ont testé l'activité ovicide de 22

monoterpénoides entre autres ; 1,8 cineole, citronellal, carvacrol, geraniol, linalool, menthol, terpineol, verbenol, carvones, thuyone, et le menthone, ces monoterpénoides ont inhibé l'éclosion des oeufs de *Musca domestica* avec des proportions qui varient entre 33% et 100%. De même, Obeng-Ofori *et al.* (1997) ont démontré l'effet insecticide du 1,8 cinéol par application topique sur *Sitophilus zeamais*, *Tribolium castaneum*, *Prostephanus truncatus* et *Sitophilus granarius* à la dose de 7 µl, cela a induit à 100% de mortalité au bout de 48 h sur les quatre espèces de ravageurs. Ce même composé a causé une inhibition totale du développement des œufs, des larves et des pupes de *S. granarius* et *S. zeamais*, ainsi que celle de l'oviposition. Ketoh *et al.* (2006) ont montré que les huiles essentielles ont un effet inhibiteur sur les canaux sodiques. Des changements peuvent alternativement se produire au cours de l'embryogenèse et faciliter la diffusion des huiles essentielles dans les œufs, affectant ainsi les processus vitaux et physiologiques de l'embryogenèse. L'effet ovicide mis en évidence serait probablement la conséquence de la pénétration de la fraction volatile d'huile essentielle dans les œufs, à travers le chorion bloquant ainsi l'embryogenèse. Ainsi DonPedro (1989) avance l'hypothèse selon laquelle l'activité des huiles essentielles serait due à la toxicité directe de leurs composés qui inhiberaient l'activité métabolique des œufs.

Par ailleurs, les substances naturelles que nous avons testées ont eu un effet toxique par fumigation sur les adultes de *E. ceratoniae*. En effet, elles ont relativement causé la mort des papillons. Un effet hautement toxique a été observé avec les huiles essentielles d' *A. herba-alba* Algérien, *T. hyemalis*, et *A. herba alba* Espagnol, *E. globulus* Espagnol et *R. officinalis* Espagnol ce qui démontre l'efficacité de ces substances naturelles par fumigation, qui serait la conséquence de leur richesse en composés monoterpéniques. Cet effet toxique s'est traduit par une mortalité des adultes d'*E. ceratoniae* dès leur inhalation des vapeurs de ces huiles dans les bocalaux aux différentes doses testées après 3, 6, 12 et 24h d'exposition. Nos résultats concordent avec ceux de Haouel *et al.* (2010), qui ont montré que le traitement par fumigation par les huiles essentielles d' *Eucalyptus camaldulensis* et *E. rudis* a entraîné à la dose 131.58 µl/l d'air et après 12 heures de traitement, un taux de mortalité de 100% chez les adultes de *E. ceratoniae*, avec des CL₅₀ de 34,37 et 31,37 µl/l d'air respectivement. De plus, les composés majeurs communs de ces deux huiles étaient ; 1,8-cinéole (20,62- 19,87%) et α-pinène (16,49- 14,49%). Batish *et al.* (2008), ont observé un effet toxique des monoterpènes, notamment le 1,8-cinéole qui est le plus important. Ce composé est caractéristique du genre *Eucalyptus* et est principalement responsable de son action insecticide. En effet, le 1,8 cinéole a été reconnu toxique sur plusieurs espèces d'insectes (Lucia *et al.*, 2009). Par ailleurs, Lee *et al.* (2004), ont rapporté que les huiles essentielles riches en 1,8-cinéole ont présenté une forte toxicité contre *Sitophilus oryzae*,

Tribolium castaneum et *Rhyzopertha dominica*. De plus, l'activité pesticide des huiles d'*Eucalyptus* est dûe aux composants tels que l' α -pinène et le γ -terpinène (Su *et al.*, 2006). Lebbouz *et al.* (2016), ont rapporté que les huiles essentielles de *Peganum harmala* ont un effet ovicide et adulticide sur le ravageur des dattes *E. ceratoniae*, ce qui s'est traduit par une diminution du taux d'éclosion à 5,65 % par rapport au contrôle qui est de 87,35%, et une mortalité de 100% a été enregistré chez les adultes avec un TL₅₀ de 1,45 jours. De même Bachroun *et al.* (2010), ont rapportés que les huiles essentielles de *Pistacia lentiscus* ont révélé une mortalité de 100% chez les adultes de *E. ceratoniae*. Amri *et al.* (2014), ont indiqué que le traitement des adultes de *E. ceratoniae* par l'huile essentielle de *Thymus capitatus* a provoqué un taux de mortalité de 100% après 6 heures de traitement alors que l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* a entraîné un taux de mortalité de 81,6% au bout de la même période. Shaaya *et al.* (1991) ont testé les huiles essentielles de *Artemisia herba alba*, *Ruta graveolens* and *Ocimum basilicum*; ces substances ont causé 100, 60 et 80% de mortalité chez les adultes de *E. ceratoniae* à la forte des dose 54 μ l/ l d'air et après 24 h.

Deleter *et al.* (2014), ont montré que l'effet toxique d'une huile essentielle n'est pas toujours dû uniquement à l'activité du composé majeur. En effet, des effets synergiques/antagonistes peuvent se produire entre les composés majeurs/mineurs, cela suggère que les mécanismes d'action sont différents. Plusieurs travaux sont menés sur l'effet des huiles essentielles sur le comportement des insectes, mais très peu sur l'effet de leurs composés majeurs pris un à un ou en mélange, illustrant le manque de connaissances sur les mécanismes d'action des huiles essentielles (Lebbouz, 2017).

Cependant, il a été signalé que l'action rapide des huiles essentielles contre les insectes ravageurs est un indicatif d'une action neurotoxique (Kostyukovsky *et al.*, 2002 ; Priesley *et al.*, 2003 ; Isman *et al.*, 2007). En effet, plusieurs travaux montrent que les monoterpènes ont des effets physiologiques neurotoxiques et agissent sur différentes cibles en fonction de leur nature chimique (Huignard, 2013). Regnault-Roger *et al.* (2008), rapportent que les monoterpènes ont une action toxique rapide de type inhalatoire sur les adultes. De plus, les monoterpénoïdes sont généralement volatiles et plutôt des composés lipophiles qui peuvent pénétrer dans les insectes rapidement et interférer avec leurs fonctions physiologiques (Lee *et al.*, 2002). Ainsi, Garcia *et al.* (2005) suggèrent que ce sont les groupements hydroxyles des monoterpènes oxygénés qui sont responsables de l'activité biocide de ces composés. Selon Nyamador (2009), les sites d'action des biopesticides sont localisés dans le système nerveux central. Les cibles préférentielles des biopesticides les plus importants sont le : canal sodium « voltage dépendant »

(CsVd), l'acétylcholinestérase (AChE), le récepteur acide gamma-aminobutyrique (GABA_r) et le récepteur de l'octopamine.

En effet, lorsque les substances neurotoxiques se fixent sur les sites d'action du canal sodium, elles empêchent la fermeture du canal ce qui va perturber la transmission synaptique. Ce mécanisme se manifeste ensuite par une phase d'excitation intense de l'insecte, associée à une incoordination motrice. Par ailleurs, l'acétylcholinestérase (AChE) qui est une enzyme clé du système nerveux central de l'insecte, agit comme un neurotransmetteur (Ach) (López et Pascual-Villalobos, 2010). L'inactivation de cette enzyme (AChE) empêche l'hydrolyse, normalement rapide de l'acétylcholine libérée par l'influx nerveux, et interfère par conséquent par la transmission normale de cet influx (Voet, 2005). En outre, le GABA_r, acide gamma-aminobutyrique, est le principal neurotransmetteur inhibiteur du système nerveux central (Roth et Draguhn, 2012). L'activation de ce type de récepteur permet une entrée des ions chlore dans la cellule, Cl⁻, dépendante de la concentration du Cl en intracellulaire. Ceci explique que le GABA est un neuromédiateur inhibiteur (Olsen et Tobin, 1990 ; Enz et Cutting, 1998). Les biopesticides se fixent sur les récepteurs de acide gamma-aminobutyrique et inhibent le fonctionnement du canal chlore qui lui est associé. L'ouverture de ce canal induit une hyperpolarisation de la membrane de la cellule nerveuse (neurone) et son inactivation. Lorsqu'elle se prolonge, cette inactivation perturbe l'ensemble du fonctionnement du système nerveux (Priestley *et al.*, 2003). En ce qui concerne l'octopamine, c'est un biogénique structurellement proche de la noradrénaline des vertébrés, qui agit comme un neurotransmetteur chez les invertébrés. L'octopamine a un effet régulateur sur les battements du cœur, la ventilation, la motricité, le vol et le métabolisme des invertébrés (Chiasson et Beloin, 2007). Les huiles monoterpènes agiraient en se fixant sur les récepteurs de l'octopamine influençant la production de l'AMPc et du calcium au niveau cellulaire ou intracellulaire. L'application de l'eugénol et de l' α terpinéol par exemple bloquent les sites récepteurs de l'octopamine, chez *Stomoxys calcitrans* (Diptera : Muscidae) (Enan, 2002).

Ainsi, les huiles essentielles possèdent aussi un effet physique qui se produit après application directe sur la cuticule des insectes et les acariens à corps nus (Chiasson et Beloin, 2007). Cette cuticule est composée de couche cireuse qui présente une rangée de groupes aliphatiques vers l'extérieur, créant ainsi une couche hydrofuge et imperméable. La nature lipophile des huiles essentielles peut dégrader cette couche cireuse en causant des pertes en eau dans les trachées et les sacs d'air, ce qui induit l'asphyxie de l'insecte. Il reste à déterminer précisément les sites cibles de la dégradation de cette enveloppe et le type de dommage causé par l'application topique ou par fumigation (Chiasson et Beloin, 2007).

Selon Kostyukovsky *et al.* (2002), les huiles volatiles pénètrent via le système respiratoire dans le corps de l'insecte et entraînent une respiration anormale, ce qui conduit à l'asphyxie puis à la mort.

Concernant notre activité larvicide, notre résultat est analogue à ceux de Lebbouz (2017), qui a indiqué que les huiles essentielles de *Peganum harmala* et *Cloem arabica* entraînent des taux de mortalité chez les larves de *E. ceratoniae* de 56.66% et 85% respectivement au bout de 5 jours. Selon Ben Abada *et al.* (2020), l'essence des feuilles de *R. officinalis* récoltée de la région de Thala (Nord de la Tunisie) a provoqué 70% de mortalité des larves après 7 jours de traitement à la dose de 90 µl/l d'air. Bastien (2008), montre qu'un larvicide agit sur les larves grâce à un complexe de molécule qui induit à un mauvais développement larvaire (malformation, mort larvaire, perturbation de la durée de stade larvaire). Les huiles essentielles de *Thymus capitatus* testées contre les larves de *E. ceratoniae* ont provoqué un taux de mortalité de l'ordre de 100% après 12 heures de traitement à la dose 20µl/ml alors que les huiles essentielles de *R. officinalis* ont entraîné un taux de mortalité de 95% dans les mêmes conditions (Amri *et al.*, 2014).

Une stabilité du taux de mortalité a été notée après le 9^{ème} jour presque dans la plupart des concentrations des huiles testées. Cela pourrait s'expliquer par le fait que la quantité de substances bioactives était faible dans les doses ou que la persistance du principe actif ne durait pas au-delà du 9^{ème} jour. Ces résultats sont en concordance avec ceux rapportés par Ndomo *et al.* (2008), Heydarzade et Moravvej (2012) et Nenaah (2011) qui ont montré que dans le cas du test de des huiles essentielles vis-à-vis de *Rhyzopertha dominica*, l'huile de *Ruta chalepensis* était la moins rémanente et a perdu son activité biologique plus rapidement que les deux autres huiles de *Mentha pulegium* et de *Lavandula stoechas*, cela est expliqué par sa richesse en composés oxygénés par rapport aux deux autres huiles. Kouninki *et al.* (2010) ont montré que l'huile essentielle de l'Annonaceae *Xylopiya aethiopica* est restée efficace vis-à-vis de *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera : Chrysomelidae) jusqu'au 6^{ème} jour après traitement, entraînant 100% de mortalité. L'efficacité de cette huile diminue rapidement après le 12^{ème} jour et elle n'est plus persistante ce qui explique la diminution de son activité insecticide en fonction du temps suite à la volatilité de ses composants. Selon Ncibi (2020), l'activité insecticide des huiles essentielles dépend de leur quantité, de leur composition chimique et du pourcentage des composés oxygénés existants, ce qui donne une idée sur leur persistance. Cependant, la faible persistance des huiles peut être un avantage en cas de leur utilisation sous forme de bioinsecticide où les résidus toxiques sont limités et se dégradent rapidement. Ceci leur fournit l'avantage d'assurer une sécurité environnementale.

D'autre part cette faible persistance peut être un désavantage vu que les huiles sont instables et elles ne peuvent pas assurer la protection contre ces ravageurs.

Néanmoins, nos résultats ont mis en évidence une diminution de la taille des larves non mortes et qui sont passés au stade larvaire suivant par rapport à celles du témoin. Selon Kemassi (2014), Cela peut être expliqué par le fait que les larves, en possédant des récepteurs spécifiques aux substances secondaires, sont capables de rejeter la plante en tant que source alimentaire. Néanmoins, la présence d'antiappétents ne signifie pas nécessairement une inhibition complète de la nutrition du ravageur (Schoonhoven et Derksen-koppers, 1976). A de faibles ou moyennes concentrations, des substances allélochimiques peuvent être tolérées (Schoonhoven et Derksen-koppers, 1976). Arasu *et al.* (2013) ont découvert que les huiles essentielles possédaient des propriétés aromatiques qui rendaient les insectes répugnés par la nourriture, réduisaient leur appétence ou arrêtaient de se nourrir. Un fort effet antiappétant trouvé dans l'huile essentielle de *Vitex negundo* L. a affecté la croissance des larves de *Spodoptera litura*, et cela a été indiqué par une consommation et une digestibilité alimentaires très faibles, une production de petites boulettes fécales et une réduction du poids corporel (Sahayaraj, 1998). Moumen (1997) cité par Barbouche *et al.* (2001), signalent qu'il arrive que certaines plantes toxiques soient consommées par les insectes lorsqu'ils sont assoiffés ou sont affamés.

Les essences volatiles ont des effets anti-appétents, affectant ainsi la croissance, la fécondation, la mue, et le développement des insectes (Bessah et Benyoussef, 2015). Shaaya *et al.* (1997) ont testé les huiles essentielles de certaines espèces de Lamiaceae comme le romarin et le thym. Ces dernières huiles se sont avérées très efficaces sur l'ensemble des insectes ravageurs considérés, entraînant la mort de 90% des adultes de, *Rhyzopertha dominica*, *Sitophilus oryzae*, *Oryzaephilus surinamensis* et *Tribolium castaneum*, à une concentration de 1,4 µl, pendant 24 h. Lee *et al.* (2003) ont testé l'action d'une vingtaine de terpénoïdes d'origine naturelle sur plusieurs ravageurs notamment; *T. castaneum*, *O. surinamensis* et *S. oryzae*, et ont montré que le 1,8-cinéol, le Pulégone et le l-fenchone, à la concentration de 50 µg/ml air, ont causé 100% de mortalité sur toutes les espèces testées et ont conclu que les cétones sont plus toxiques que tous les autres monoterpènes. Selon Mercier *et al.* (2009), L' α -pinène, β -pinène sont très toxiques vis-à-vis des deux moustiques *Culex pipiens* et *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae), et le ravageur des conifères *Pityogenes bidentatus* (Coleoptera: Curculionidae). Les propriétés insecticides de 1,8-cinéole, le linalool, l'eugénol, α -terpinéol et le cymol ont été démontrées sur plusieurs insectes *Tribolium confusum*, *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae), *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae), *Prostephanus truncatus* (Coleoptera: Bostrichidae), *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) et *Callosobruchus*

maculatus (Coleoptera: Bruchidae) (Obengofori *et al.*, 1997). Le thymol et carvacrol présentent une forte activité larvicide sur *Anopheles gambiae* (Diptera: Culicidae) avec CL₅₀ de 36 mg.10⁻¹ et 37,6 mg.10⁻¹ respectivement (Tchoumboungang *et al.*, 2009).

Cependant, il serait difficile de penser que l'activité insecticide des huiles essentielles se limite uniquement à certains de ses constituants majoritaires ; elle pourrait aussi être due à la présence de certains constituants minoritaires. Les composants minoritaires connus pour leurs propriétés insecticides qui sont présents dans l'huile essentielle de *C. arvensis* sont des monoterpènes hydrocarbonés tels que le p-cymène dont les propriétés insecticides ont déjà été démontrées vis-à-vis d'*Acanthoscelides obtectus* (Say) (Regnault-Roger et Hamraoui, 1995) et le α -pinène qui a révélé un effet insecticide intéressant contre *Tribolium confusum* (Ojimelukwe et Alder, 1999). C'est le cas également de γ -Terpinène dont les propriétés insecticides ont déjà été démontrées vis-à-vis de plusieurs insectes, entre autres *Tribolium confusum*, *T. castaneum*, *Sitophilus zeamais*, *Prostephanus truncatus*, *Rhyzopertha dominica*, *Callosobruchus maculatus* et *Ephestia kuehniella* Zeller (Obeng-Ofori *et al.*, 1997 ; Prates *et al.*, 1998 ; Regnault-Roger et Hamraoui 1995 ; Erler 2005 ; Tapondjou *et al.*, 2005). En outre, l'huile essentielle de *C. arvensis* contient des monoterpènes oxygénés comme le Terpinène-4-ol. Stamopoulos *et al.*, (2007) ont constaté que celui-ci a révélé une activité insecticide importante vis-à-vis de *Tribolium confusum* suivi de limonène, 1,8 cineole et linalool.

Les résultats obtenus ont révélé que les larves sont beaucoup plus résistantes aux huiles essentielles comparativement aux adultes et aux oeufs d'*E. ceratoniae*. Selon Ngamo et Hance (2007) une huile essentielle n'exerce pas forcément la même activité aux différents stades du cycle biologique d'un insecte, comme il existe une grande variation dans la sensibilité des espèces d'insectes pour une même huile essentielle.

Conclusion

L'utilisation des huiles essentielles des plantes appartenant aux familles des Lamiaceae, Myrtaceae et Astéracées, s'est avérée fort intéressante au vu des résultats prometteurs obtenus dans la régulation des populations d' *E. ceratoniae*, principal ravageur du palmier dattier. La toxicité des huiles essentielles s'est illustrée en induisant des effets adulticides, larvicides et ovicides. Les différents tests réalisés sur l'action des huiles essentielles par contact, fumigation et ingestion, ont donné des résultats différents selon la cible visée (adultes, larves ou œufs) avec une rapidité d'action de l'huile d'*A. herba alba* Alg par rapport aux autres huiles. Le stade larvaire était le plus résistant aux différentes huiles testées et nécessitait des doses plus élevées pour obtenir des taux de mortalité plus forts, suivie par le stade œuf et adulte.

Chapitre III: Effets bioinsecticides des huiles essentielles sur *E. ceratoniae*

La présence des monoterpénoïdes tels que le 1,8-cinéole, l' α -pinène, α -thuyone, p-cymène et le camphore en tant que composants majoritaires semble être associée à l'activité insecticide des huiles essentielles étudiées.



*Conclusión
générale*

CONCLUSION GENERALE

La difficulté à contrôler les populations des insectes ravageurs des différentes cultures est renforcée par les limites et les conséquences liées à l'utilisation de pesticides de synthèse.

Notre étude rentre dans le cadre de la recherche des solutions alternatives qui permettent de réduire les pertes occasionnées par ces insectes nuisibles, notamment la pyrale des dattes, insecte polyphage utilisé comme modèle biologique, par l'utilisation des huiles essentielles pour limiter les inconvénients liés aux insecticides chimiques.

Il ressort à travers notre enquête, que les dangers des insecticides sont d'autant plus importants que les agriculteurs ont des comportements à haut risque, compte tenu de leur faible niveau d'information: la moitié sont analphabètes, de l'absence d'équipements de protection lors des traitements chez la majorité des enquêtés, du non-respect des doses et des consignes lors de pulvérisation. Ces comportements vont impacter toutes les franges de la population depuis les agriculteurs applicateurs, jusqu'aux consommateurs qui sont exposés aux résidus de pesticides dans les fruits et légumes. L'état phytosanitaire des palmeraies visitées est caractérisé par la présence de plusieurs ravageurs dont la pyrale des dattes est la plus dominante (30%). Sur le plan santé, la voie principale d'exposition ressortie au cours des interviews avec les agriculteurs intoxiqués est la voie respiratoire avec plus de 50%. En ce qui concerne les effets néfastes sur la faune et la flore utiles, les résultats de l'enquête ont montré que la plupart des agriculteurs ne semblent pas accorder une grande importance aux risques encourus. Les pulvérisations modernes sont les plus utilisées comme moyen d'épandage des insecticides, cela a contribué à la dissémination des produits dans l'atmosphère pouvant être ainsi transportés par le vent ou les précipitations vers d'autres régions. Ainsi, sur la base des résultats de cette enquête, et pour développer une agriculture durable respectueuse de l'environnement, il est absolument nécessaire que les pouvoirs publics se préoccupent de la commercialisation et de l'utilisation des produits phytosanitaires et apporter aux agriculteurs des méthodes alternatives de protection des cultures moins dangereuses pour leur santé et pour celle des consommateurs.

La seconde partie de ce travail a porté sur l'étude chimique de l'huile essentielle de quelques plantes médicinales autochtones à la région méditerranéenne (Algérie/Espagne). Les huiles essentielles sont obtenues par hydrodistillation de type Clevenger. Le rendement de ces huiles diffère d'une plante à une autre, dont la plante *A. herba alba* Esp est la plus rentable, suivie d'*A. herba alba* Alg, *S. officinalis* Alg, *R. officinalis* Esp, *R. officinalis* Alg, *S. officinalis* Esp, *E. globulus* Esp, *E. globulus* Alg, alors que *T. hyemalis* et *T. algeriensis* sont les moins rentables. Une analyse chimique des huiles essentielles par la technique CG/MS, a été effectuée

parallèlement. Cette dernière a permis l'identification de la quasi-totalité des constituants de ces huiles qui sont principalement des monoterpènes (oxygénés et hydrocarbures). L' α pinène, le 1,8-cineole, le camphor et le p-cymène sont les constituants communs majoritaires aux 9 huiles essentielles analysées : *R. officinalis* Alg/ Esp (α pinène), *T. hyemalis*/E. *globulus* Esp (1,8-cineole), *T. algeriensis*/S. *officinalis* Alg/S. *officinalis* Esp (camphor), *E. globulus* Alg/A. *herba alba* Esp (p-cymène). Le α -Thuyone reste le composé majoritaire de l'huile essentielle de *A. herba alba* Alg. La dominance des monoterpénoïdes dans nos huiles étudiées semble régulièrement être associée aux activités insecticides de plusieurs huiles essentielles. La variation en composition chimique est d'une importance particulière dans l'étude des activités insecticides, car la valeur des huiles essentielles en aromathérapie doit être liée à leurs compositions

La troisième et la dernière partie de cette étude consacrée à l'évaluation des propriétés insecticides des dix huiles essentielles a montré des résultats assez probants en révélant l'efficacité de ces huiles dans le contrôle de certains stades de développement de *E. ceratoniae*. Le traitement par contact des oeufs a montré que ce sont les huiles essentielles d'*A. herba alba* Alg et *T. hyemalis* qui ont eu l'effet ovicide le plus important, avec un taux d'inhibition de l'éclosion de plus de 50. Les bioessais par fumigation ont montré des effets significatifs. Les traitements ont entraîné une action toxique sur l'ensemble des adultes testés pour les différents temps d'exposition, alors que dans les lots témoins aucune mortalité n'a été enregistrée. Le calcul de la CL_{50} a révélé que l'huile essentielle d'*A. herba alba* Alg est la plus toxique après 24 h de traitement. Alors que la plus faible toxicité a été enregistrée par l'huile d'*E. globulus* Alg. Par le mode d'ingestion, la plante d'*A. herba alba* Alg s'est montrée la plus toxique, suivie par les autres plantes mais à des taux de mortalité moindres que le traitement par fumigation.

Les résultats de nos bioessais ont permis de sélectionner l'huile essentielle d'*A. herba alba* Alg comme meilleur fumigant, antiappétant et le plus inhibiteur. Les huiles essentielles d'*E. globulus* Alg et *R. officinalis* Alg sont les moins toxiques comparativement aux autres huiles pour tous les stades de développement d'*E. ceratoniae* testés.

A la lumière de l'ensemble des résultats intéressants obtenus, il est permis d'espérer au moins une réduction de l'usage des produits phytosanitaires avec l'alternative que présente les substances naturelles dont nous venons de démontrer la polyvalence de leur activité insecticide. Nous avons contribué à recenser un nombre important de plantes insecticides. Certaines ont montré une activité insecticide potentielle importante alors que d'autres n'ont montré qu'une faible activité.

Conclusion générale

Les principales perspectives de recherche qui apparaissent à l'issue de cette thèse est d'approfondir ce travail en étudiant le devenir des insecticides et leurs métabolites sur les différents compartiments de l'environnement, étudier leurs phénomènes de bioaccumulation dans les dattes et analyser les résidus, et enfin, diagnostiquer les maladies en rapport avec l'emploi des insecticides. Il serait intéressant aussi, de réaliser des essais en plein champs afin d'évaluer l'efficacité bioinsecticide de ces huiles essentielles dans un milieu naturel, pour favoriser la lutte intégrée, minimiser l'utilisation des produits chimiques et préserver notre environnement. Il serait bon de généraliser cette étude pour d'autres insectes ravageurs ou bien autres espèces/organes de plantes en combinant avec la région de récolte, les méthodes d'extraction et les différents tests de traitement. En effet, le travail nécessite de grands efforts qui associent plusieurs spécialités afin de préserver les récoltes et les conserver dans les meilleures conditions possibles.

En conclusion, nous souhaitons que notre travail apporte un plus à la science, ainsi qu'aux praticiens.



*Références
bibliographiques*

Abbott, W.S. (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticide. J. Econ.Entomol, 18: 265-267.

Abdelmoutaleb, M. (2008). La campagne intensive de vulgarisation (CIV) pour la lutte contre le ver myelois ou la pyrale des dattes dans les wilayas de Biskra et d'El Oued, in revue, Agriculture & développement, communication Vulgarisation. Ed INVA: 7-10.

Abdullah, M.A.R. (2009). Toxicological and histopathological studies of *Boxus chinensis* oil and precocene II on larvae of the red palm weevil *Rynchophorus ferrugineus* (Oliver) (Coleoptera : Curculionidae). Egypt. Acad. J. biologie. Sci.2 (2): 45-54.

AbuDarwish, M.S., Cabral, C., Gonçalves, M.J., Cavaleiro, C., Cruz, M.T., Zulfiqar, A., Khan, I.A., Efferth, T., Salgueiro, L. (2016). Chemical composition and biological activities of *Artemisia judaica* essential oil from southern desert of Jordan. Journal of Ethnopharmacology 191: 161-168

Acourene, S. (2000). Effets des types de pollen et de ciselage sur le rendement et la qualité de la datte de trois variétés (Deglet-Nour ,Ghars et Degla –Beida)de palmier dattier (*Phoenix dactylifera L .*).Thèse de magister en science agronomiques. INA EL-Harrach (Algérie),133 p.

ACTA. (2000). Index Phytosanitaire. Association de Coordination Technique Agricole, 149, rue de Bercy, Paris.

Adang, M.J. (1991). *Bacillus thuringiensis* insecticidal crystal proteins: gene structure, action, and utilization. In: Biotechnology for biological control of pests and vectors (K. Maramorosch, Ed). CRC Press, London, 3-23.

Adham, Z. (1965). Appearance of *Ectomyelois ceratoniae* in Saudi Arabia. FAO Plant Protection Bulletin, 13: 113–114.

AFNOR. (2004). Monographie relative aux huiles essentielles. Ed, PARA Graphic, Tome 2. Vol 1, 323 p.

Agah, M., Najafian, S. (2012). Essential oil content and composition of *Lippia citriodora* as affected by drying method in full flowering stages. International Research Journal of Applied and Basic Sciences, 3(2): 371-377.

Agenjo, R. (1959). La polilla de las garrofas, plaga actual de las naranjas (Lep. Phycit.). Graellsia Madrid, 17: 7-17.

Ahouangninou, C., Fayomi, B.E., Martin, T. (2011). Évaluation des risques sanitaires et environnementaux des pratiques phytosanitaires des producteurs maraîchers dans la commune rurale de Tori-Bossito (Sud-Bénin). Cah Agric, 20(3): 216-22.

Ais, R., Ouamrane, H. (2018). Enquête sur l'utilisation des produits destinés à la protection phytosanitaires des céréales dans la wilaya de Bouira. Mémoire de Master en sciences biologiques. Université de Bouira (Algérie), 23-30 p.

Akkol-Kupeli, E., Kirmizibekmez, H., Küçükboyacı, N., Goren, A.C., Yesilada, E. (2012). Isolation of active constituents from cherry laurel (*Laurocerasus officinalis* Roem.) leaves through bioassay-guided procedures. *J Ethnopharmacology*, 139: 527-532.

Al Izzi, M.A.J., Al-Maliky, S.K, Younis, M.A, Jabbo, N.F. (1985). Bionomics of *Ectomyelois ceratoniae* (Lepidoptera: Pyralidae) on pomegranates in Iraq. *Environmental Entomology*, 14: 149-153.

Alfken, J.D. (1928). On the occurrence of the Pyralid, *M. ceratoniae*, in Bremen. *Mitteilungen der Gesellschaft für Vorratsschutz*, 4: 55-56.

Ali, I.B.E.H., Zaouali, Y., Bejaoui, A. and Boussaid, M. (2010). Variation of the chemical composition of essential oils in Tunisian populations of *Thymus algeriensis* Boiss. et Reut. (*Lamiaceae*) and implication for conservation. *Chemistry & Biodiversity*, 7, 1276-1289.

Al-Izzi, M.A.J., Al-Maliky, S.K., Jabbo, N.F. (1987). Culturing the carob moth, *Ectomyelois ceratoniae* (Zeller) (Lepidoptera, Pyralidae), on artificial diet. *Journal of Economic Entomology*, 80: 277-280.

Allam, A. (2008). Etude de l'évolution des infestations du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* Linné, 1793) par *Parlatoria blanchardi* Targ., 1892 (Homoptera, diaspididae) dans quelques biotopes de la région de Touggourt. Thèse de Magister, sciences Agro, option Entomologie appliqué. INA, El-Harrach (Algérie), 33-57.

Al-Maliky, S.K., Al-Izzi, M.A.J. (1986). Parasites of *Ectomyelois ceratoniae* with biological studies on *Apanteles* sp. group ultor in Iraq. *Entomophaga*, 31: 313-319.

Amarti, F., Satran, B., Ghanmi, M., Farah, F., Aafi, A., Aarab, L., Ajjouri, M., Chaouch, A. (2010). Chemical composition and antimicrobial activity of essential oils of *Thymus algeriensis* Boiss. & Reut. and *Thymus ciliatus* (Desf.) Benth. from Morocco. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*, 14 (1): 141-148.

Amensour, M., Bouhdid, S., Fernandez-Lopez, F., Idaomar, M., Senhaji, N.S., Abrin, J. (2010). Antibacterial activity of extracts of *Myrtus communis* against food-borne pathogenic and spoilage bacteria. *Int J Food Prop*, 13: 1215-1224.

Amri, I., Hamrouni, L., Hanana, M., Jamoussi, B., Lebdi, K. (2014). Essential oils as biological alternatives to protect date palm (*Phoenix dactylifera* L.) against *Ectomyelois ceratoniae* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). *Chilean Journal of Agricultural Research*, 74(3): 273-279.

ANDI. (2013). Wilaya de Biskra. Présentation de la wilaya. Agence nationale de développement d'investissement. <http://www.andi.dz/index.php/fr/monographie-dewilaya>

Arasu, M.V., Al-dhabi, N.A., Saritha, V., Duraipandiyan, V., Muthukumar, C., Kim, S.J. (2013). Antifeedant, larvicidal, and growth inhibitory bioactivities of novel polyketide metabolite isolated from *Streptomyces* sp. AP-123 against *Helicoverpa armigera* and *Spodoptera litura*. *BMC Microbiology*, 13(105): 1–6.

Asghari, G., Gholamali, H., Mahmoudi, Z., Asghari, M. (2014). Diurnal Variation of Essential of the Oil Components of *Pycnocycla spinosa* Decne. ex Boiss. *Jundishapur Journal of Natural Pharmaceutical Products*, 9(1), 35-38.

Ayad-mokhtari, N. (2012). Identification et dosage des pesticides dans l'agriculture et les problèmes d'environnement liés. Mémoire de Magister en chimie organique (environnement). Laboratoire de synthèse organique appliquée (LSOA), Université d'Oran (Algérie), 54 p.

Azzeddine B., Guellil B. (2007). Contribution à l'étude de l'infestation de l'haricot par le phytoparasite *Acanthoscelides obtectus* et essai de lutte biologique par des plantes aromatiques. Mémoire d'ingénieur. Université de Tlemcen (Algérie), 99 p.

Bachrouch, O., Mediouni-Ben-Jemâa, J., Wissem, A.W., Talou, T., Marzouk, B., Abderraba, M. (2010). Composition and insecticidal activity of essential oil from *Pistacia lentiscus* L. against *Ectomyelois ceratoniae* Zeller and *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Stored Products Research*, 46: 242-247.

Balachowsky, A.S. (1972). Entomologie appliquée à l'agriculture. *Lépidoptère*, 2: 1199-1205.
Barbouche, N., Hajjem, B., Lognay, G., Ammar, M. (2001à. Contribution à l'étude de l'activité biologique d'extraits de feuilles de *Cestrum parqui* l'Hérit (Solanaceae) sur la Criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775). *Biotehmol. Agron. Soc. Environ*, 5(2): 85-90.

BARDEAU. (1978). La médecine par les fleurs. Ed. Robert Laffont, S.A. ISBN 2-266-005 02, Paris, 75006 440 p.

Bastien, F. (2008). Effet larvicide des huiles essentielles sur *Stomoxys calcitrans* à la Reunion. Thèse de doctorat en vétérinaire. Université de Toulouse (France), 78 p.

Bedjaoui, H., Benbouza, H. (2018). Map of Algeria : Assessment of phenotypic diversity of local Algerian date palm (*Phoenix dactylifera* L.) cultivars. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences* 19 (1): 65-75.

Bauer, L.S. (1995). Resistance: a threat to the insecticidal crystal proteins of *Bacillus thuringiensis*. *Florida Entomol*, 78(3): 414-442.

- Bell, C.H. (2000). Fumigation in the 21st century. *Crop Prot.*, 19:5 63–569.
- Beloued, A. (1998), *Plantes médicinales d'Algérie*. 2ème Ed, Office des publications universitaires (Ed), Alger, 274 p.
- Ben Abadaa, M., Haouel Hamdib, S., Masseur, C., Jroudd, H., Boussihb, E., Mediouni Ben Jemaa, J. (2020). Variations in chemotypes patterns of Tunisian *Rosmarinus officinalis* essential oils and applications for controlling the date moth *Ectomyelois ceratoniae* (Pyralidae) / *South African Journal of Botany*, 128: 18-27.
- Ben Adoune, H. (1987). Etude bio-écologique d'*Ectomyelois ceratoniae* Zeller (Lepidoptera, Pyralidae) à Ghardaia. Mémoire. Ing. Agro, INA. El Harrach. Alger, 53 p.
- Ben chaaban, S., Hamdi, S.H., Mahjoubi, K., Mediouni-Ben-Jemâa, J. (2019). Composition and insecticidal activity of essential oil from *Ruta graveolens*, *Mentha pulegium*, and *Ocimum basilicum* against *Ectomyelois ceratoniae* Zeller and *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Plant Diseases and Protection*, 5: 201–212.
- Benaouda, M.H., Achour, H., Belgudj, A., Felaachi, S., Mrichine, M. et Saoli, N. (1989). Situation et perspective du développement de la phoeniciculture, 54p.
- Bensalah, M.K. (2016). Evaluation des caractéristiques biologiques d'*Ectomyelois ceratoniae* (Zeller, 1839) (Lepidoptera, pyralidae) dans les conditions naturelles et contrôlées. Stockage, conservation et lute. Thèse de Doctorat En sciences agronomiques, Université de Biskra (Algérie), 2-8 p.
- Benziouche, S. (2017). L'agriculture biologique, un outil de développement de la filière dattes dans la région des Ziban en Algérie. *Cah. Agric.*, 26 (3), 8 p.
- Benziouche, S., Chereit, F. (2010). La conduite du palmier dattier dans les palmeraies des Ziban (Algérie) Quelques éléments d'analyse. *Revue EJSR Eurojournals*, 42: 660-644.
- Benziouche, S., Cheriet, F. (2012). Structure et contraintes de la filière dattes en Algérie. *New Medit*, 11(4): 49-57.
- Bernard, O. (2000). Etude des principaux marchés européens de la datte et du potentiel commercial des variétés non traditionnelles. Etude réalisée pour le Groupe des produits horticoles Service des matières premières et des produits tropicaux et horticoles Division des produits et du commerce international. FAO. 10 p.
- Bessah, R., Benyoussef, Eh. (2015). La filière des huiles essentielles Etat de l'art, impacts et enjeux socioéconomiques. *Revue des Energies Renouvelables*, 18(3): 513- 528 .

- Bettiche, F., Grunberger, O., Belhamra, M. (2017). Contamination Des Eaux Par Les Pesticides Sous Systeme De Production Intensive (Serres), Cas De Biskra, Algerie. *Courrier du Savoir*, 23: 39-48.
- Bey –Ould Si Said, Z. (2014). Activités biologiques des huiles essentielles des feuilles et du fruit d'une plante médicinale *Eucalyptus globulus*. Mémoire de magistère en biologie, Université de bejaia (Algérie), 46 p.
- Bishop, A.H. (2002). The insecticidal proteins of *Bacillus thuringiensis*. In: Berkeley, R., Heyndrickx, M., Logan, M., DeVos, P. (Eds.), *Applications and Systematics of the Genus Bacillus and Related Organisms*. Blackwell, Oxford, 160–175 p.
- Bitaw, A.A., Bin Saad, A.A., El-Mokhtar, O. (1988). Natural enemies of date palm pests in Jamahiriya. *Arab and Near East Plant Protection Newsletter*, 7, 26.
- Bodenheimer, F.S. (1930). The insect pest fauna of Palestine with particular regard to the chief pests of the Mediterranean region. *Monographien zur angewandten Entomologie*, Verlagsbuchhandlung Paul Parey, Berlin, Germany, 16: 438.
- Boland, J., Koomen, I., VanLidth, J., Jeude, D.E., Oudejans, J. (2004). Les pesticide composition, utilisation et risques. Ed, Agrodok , Pays Bas, 93 p.
- Bonnefoy, N. (2012). Rapport d'information au nom de la mission commune d'information sur les pesticides et leur impact sur la santé et l'environnement. Sénat, session ordinaire de 2012-2013, 42 p.
- Bonvallot, N., Dor, F. (2005). Valeurs toxicologiques de référence : Méthodes d'élaboration. Ed, Institut de Veille Sanitaire, Saint-Maurice, 84 p.
- Bouka, H., Chemseddine, M., Brun, J. (2001). La Pyrale des dattes dans la région de Tafilatet au Sud- Est du Maroc. *Revue Fruit*, 56(3): 189-195.
- Boukhatem, M., Hamaidi, M.S., Saidi, F., Hakim, Y. (2010). Extraction, composition et propriétés physicochimiques de l'huile essentielle du géranium rosat (*Pelargonium graveolens* L.) cultivé dans la plaine de Mitidja (Algérie). *Nat Technol*, 3: 37–45.
- Boumia, M. (1999). *Traité de toxicology générale: Du niveau moléculaire à l'échelle planétaire*. Springer science and business media, 804 p.
- Boutabia, L., Telailia, S., Bouguetof, I., Guenadil, F., Chefrou, A. (2016). Composition chimique et activité antibactérienne des huile essentielles de *Rosmarinus officinalis* L. de la région de Hammamet (Tébessa-Algérie). *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*, 85: 174 – 189.
- Boutekdjiret, C., Buatois, B., Bessiere J.M. (2005). Characterisation of Rosemary essential oil of different areas of Algeria. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 8(1): 65-70.

- Bouziani, M. (2007). La pollution des eaux par les pesticides, une préoccupation pour les chercheurs algériens. Journée scientifique de l'ACEDD, Oran.
- Brattsten, L.B. (1983). Cytochrome P-450 Involvement In The Interactions Between Plant Terpenes And Insect Herbivores, 173–195. In: Plant resistance to insects (Ed. P.A. HEDIN). American Chemical Society, USA, 208 p.
- Bruneton, J. (1993) Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. 2^{ème} Ed, Tec et Doc., Lavoisier, Paris, 915 p.
- Bruneton, J. (1999). Pharmacognosie : Phytochimie, Plantes Médicinales. 3 Ed.: Tec & Doc. Éditions ,Médicales Internationales-Lavoisier, Paris.
- Burt, S. (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods-a review. International journal of food microbiology, 94(3), 223-253.
- Cabo, J., Crespo, M.E., Jimenez, J., Navarro, C., Risco, S. (1987). Seasonal variation of essential oil yield and composition of *Thymus hyemalis*. Planta Medica, 53: 380-382.
- Carpenter, J.B., Elmer, H.S. (1978). Pests and diseases of the date palm (United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service Handbook No. 527, 42 p). Washington, DC: United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service.
- CDDA (California Department of Food and Agriculture). (1983). Carob moth in California. In R. Gill & S. Kaiser (Ed), California plant pest and disease report no 2 (pp. 11–14). Sacramento: California Department of Food and Agriculture.
- Chala, F., Et Sellami, B. (2019). Etat phytosanitaire des palmeraies de la région ouest de la willaya de Biskra. Mémoire de Master en Sciences biologiques. Université de biskra; 14-19 p.
- Chalchat, J.C., Garry, R.P.H., Michet, A. (2011). Huiles Essentielles de romarin (*Rosmarinus officinalis*) comparaison de la composition des huiles essentielles du Maroc et d'autres provenances. 11^{ème} journée Internationale des Huiles Essentielles, Digne les Bains, France, Rivista Italiana EPPOS, 549–555.
- Chaouki, I., Mouhir, L., Fekhaoui, M., El Abidi, A., Bellaouchou1, A., El Morhit, M. (2015). Application de l'analyse en composantes principales (ACP) pour l'évaluation de la qualité des eaux usées industrielles de Salam Gaz – Skhirat. J. Mater. Environ. Sci, 6(2): 455-464.
- Chetouani, M., Mzabri, I., Amar, A., Boukroute, A., Kouddane, N., Berrichi, A. (2018) . Effet du stress salin sur la teneur et la composition de l'huile essentielle de la Saugue (*Salvia officinalis*). Annales des Sciences de la Santé, 1: 29-36.

- Chiasson, H., Beloin, N. (2007). Les huiles essentielles, des bio-pesticides 'Nouveau genre'. *Antennae*, 14(1): 3-6.
- Chikh Salah, A. (2021). Modélisation et analyse économétrique du prix des dattes de palmier (phoeniculture) en Algérie. Thèse Doctorat en Economie. Université De Ghardaia (Algérie), 6 p.
- Cook, R.J., Hims, M.J., Vaughan, T.B. (1999). Effects of fungicide spray timing on winter wheat disease control. *Plant Pathology*, 48(1): 33-50.
- Cote, M. (1991). Encyclopédie Berbère. Biskra. Peeters Publishers. Disponible à : <https://doi.org/10.4000/encyclopedieberbere>.
- Cronquist, A. (1981). An integrated system of classification of flowering plants. Université de Columbia Press, New York, 1262 p.
- Cseke, L.J., Kaufman, P.B., Warber, S., Duke, J.A., Briemann, H.L. (1999). Natural products from plants. CRC Press LLC, Boca Raton, USA.
- De Jong, Y.S.D.M. (2013). Fauna europaea version 2.6. Available at: www.faunaeur.org.
- De Stefani, T. (1919). Some insects infesting carob pods. *Bollettino Stazione Sperimentale di Frutticoltura e di Agrumicoltura*, 37: 5-6
- Deletre, E., Chandre, F., Menut, C., Martin, T. (2014). Composés naturels bioactifs contre l'aleurode *Bemisia tabaci*. 2ème conférence international sur les ravageurs en agriculture, Montpellier, 22 et 23 Octobre, 11p.
- Demuner, A.J., Almeida Barbosa, L.G., Gonçalves Magalhaes, C., Jose da Silva, C., Alvares Maltha, C.R., Lelis Pinheiro, A. (2011). Seasonal Variation in the Chemical Composition and Antimicrobial Activity of Volatile Oils of Three Species of *Leptospermum* (Myrtaceae) Grown in Brazil. *Molecules*, 16: 1181-1191.
- Deravel, J., Krier, F., Jacques, Ph. (2014). Les biopesticides, alternatives aux produits phytosanitaires chimiques (synthèse bibliographique). *Biotechnol Agron Soc Environ*, 18(2): 220-232.
- Deschepper, R. (2017). Variabilité de la composition des huiles essentielles et intérêt de la notion de chémotype en aromathérapie. Mémoire de Doctorat, Université d'Aix-Marseille (France), 78 p.
- Dhouibi, M.H. (1982). Bio-écologie d'*Ectomyelois ceratoniae* (Lepidoptera : Pyralidae) dans les zones présahariennes de la Tunisie. Thèse de Doctorat. Université de Paris VI, 145p.

- Dhouibi, M.H. (1989). Biologie et écologie d'*Ectomyelois ceratoniae* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) dans deux biotopes différents au sud de la Tunisie et recherches de méthodes alternatives de lutte. Thèse de Doctorat en Sciences Naturelles. Université Pierre et Marie Curie, Paris VI (France), 189 pp.
- Dhouibi, M.H. (1991). Les principaux ravageurs du palmier dattier et de la datte en Tunisie. Ed. INAT, Tunis, 63 p.
- Dhouibi, M.H. (1991). Les principaux ravageurs du Palmier Dattier et de la Datte en Tunisie. Brochure, Ed, Imp. Kahia: Foundouk-choucha. Rades, 64 p.
- Dhouibi, M.H. (2000). Lutte intégrée pour la protection du palmier dattier en Tunisie. Ed, Centre de publication universitaire, Tunisie, 134 p.
- Dhouibi, M.H., Jemmazi, A. (1996). Lutte biologique en entrepôt contre la pyrale *Ectomyelois ceratoniae*, ravageur des dattes. Fruits, 51(1): 39-46.
- Dob, T., Dahmane, D., Benabdelkader, T., Chelghoum, C. (2006). Studies on the essential oil composition and antimicrobial activity of *Thymus algeriensis* Boiss. et Reut. International journal of aromatherapy, 16: 95-100.
- Don Pedro, K.N. (1996). Investigation of single and joint fumigant insecticidal action of Citruspeel oil Components, Pesticide Science, 46: 79-84.
- Doumandji, B. (1981). Le complexe parasites-prédateurs d'*Ectomyelois ceratoniae* Zeller. Bulletin de Zoologie Agricole INA El Harrach, 1: 4-6.
- Doumandji, S. (1981). Biologie et écologie de la pyrale des caroubes dans le nord de l'Algérie, *Ectomyelois ceratoniae* Zeller (Lepidoptera, pyralidae). Thèse de Doctorat en Science de Nature. Université Pierre et Marie Curie, Paris VI (France), 145 p.
- Doumandji-Mitiche, B. (1983). Contribution à l'étude bioécologique des parasites prédateurs de la pyrale de caroube *Ectomyelois ceratoniae* en Algérie, en vue d'une éventuelle lutte biologique contre ce ravageur. Thèse de doctorat en science. Université de Pierre et Marie Curie, Paris VI, 253 p.
- Dris, R., Jain, S.M. (2004). Production practice and quality assessment of food crop. Quality handling and evaluation. Kluwer Academic Publication, London.
- DSA Biskra. (2015). Statistiques agricoles de la campagne 2018/2019.
- DSA Biskra. (2018). Bilan finale de la campagne dattière 2014-2015.
- DSA Biskra. (2019). Evolution de la phoeniciculture dans la wilaya de Biskra

Dubost, D. (2002). Ecologie, Aménagement et Développement Agricole des Oasis Algériennes. Ed. CRSTRA, 423 p.

Duby, C., Robin, S. (2006). Analyse en Composantes Principales. Ed, OMIP, Paris, 20-26.

Durrant, J.H. (1915). *Myelois phoenicissp.* n. bred from dates in Algeria and England (Lepidoptera: Pyralidae). Entomologist's Monthly Magazine, 51: 304–305.

Dyar, H.G. (1911). Two species of Phycitinae new to our fauna. Proceedings of the Entomological Society of Washington DC, USA, 13: 30 p.
Econ.Entomol, 18: 265-267.

El Bakouri, H. (2006). Développement de nouvelles techniques de détermination des pesticides et contribution à la réduction de leur impact sur les eaux par l'utilisation des Substances Organique Naturelle (S.O.N.). Thèse de doctorat en sciènes et techniques. Université d'Abdelmalek essaadi Tanger (Maroc), 45 p.

El Houmaizi, M.A. (2002). Modélisation de l'architecture du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) et application à la simulation du bilan radiatif en oasis. Thèse Doctorat Es-Science :Biologie végétale. Université de Marrakech (Maroc), 145 p.

El-Haidari, S.H., Al-Hafidh, D.M.I. (1986). Les insectes du palmier dattier et des dattes en extrême orient et en Afrique du Nord. Projet régional de recherche sur les dattes et le palmier dattier en extrême orient et en Afrique du Nord FAO. Baghdad, 36 p.

El-Mrabet, K. (2009). Développement d'une méthode d'analyse de résidus de pesticides par dilution isotopique associée à la chromatographie en phase liquide couplée à la spectrométrie de masse en tandem dans les matrices céréalières après extraction en solvant chaud pressurisé. Thèse de Doctorat. Université de Pierre et Marie Curie, Paris, 292 p.

Emara, S., Shalaby, A.E. (2011). Seasonal variation of fixed and volatile oil percentage of four Eucalyptus spp. related to lamina anatomy. Afr J Plant Sci, 5(6): 353-9.

Enan, E. (2002). Insecticidal activity of essential oils: Octopaminergic sites of action. Comparative Biochemistry and Physiology, Toxicology and Pharmacology. Part C130, (3): 325-337.

Enz, R., Cutting, G.R. (1998). Molecular composition of GABA-C receptors. Vision Res, 38: 1431-1441.

Erler, F. (2005). Fumigant activity of six monoterpenoids from aromatic plants in Turkey against two stored product pests confused flour beetle, *Tribolium confusum*, and Mediterranean flour moth, *Ephestia kuehniella*. J. Plant Dis. Prot, 112: 602-611.

- Fabian, C., Draguhn, R. (2012). GABA Metabolism and Transport: Effects on Synaptic Efficacy. *Neural Plasticity*, (4): 12 p.
- Fanny, B. (2008). Effet larvicide des huiles essentielles sur *Stomoxys calcitrans* à la reünfon. Thèse de Doctorat en Vétérinaire. Université de Toulouse (France), 75 p.
- Fanny, L. (2013). Etude des effets liés à l'exposition aux insecticides chez un insecte modèle, *Drosophila melanogaster*. Sciences agricoles. Thèse de Doctorat en Génétique cellulaire et moléculaire. Université d'Orléans (France), 15 p.
- Farah, A., Fechtal, M., Chaouch, A. (2002). Effet de l'hybridation interspécifique sur la teneur et la composition chimique des huiles essentielles d'eucalyptus cultivés au Maroc. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ*, 6(3), 163-169.
- Farhi, A. (2001). Macrocéphalie et pôles d'équilibre : La Wilaya De Biskra. Cairn.info, Belin «L'Espace géographique», 30: 245-255.
- Farrar, K. (2000). Crop profiles for date in California. USDA. California Pesticide Impact Assessment Program, 530: 754-8378.
- Farzaneh, A. (1984). *Spectrobates ceratoniae* Z. (Lep: Pyralidae) in Iran. *Proceedings of the International Congress of Entomology*, 17: 577p.
- Feng, R., Isman, M.B. (1995). Selection for resistance to azadirachtin in the green peach aphid, *Myzus persicae*. *Experientia*, 51: 831-833.
- Feuerstein, I., Danin, A., Segal, R. (1988). Constitution of the essential oil from an *Artemisia herba alba* population of Spain. *Phytochemistry*, 27(2), 433-434.
- Feuerstein, I., Muller, K., Hubert, A., Danin, A. (1986). The constitution of essential oils from *Artemisia herba alba* populations of Israel and Sinai. *Phytochemistry*, 25 (10), 2343-2347.
- Finney, D.J. (1971). *Probit Analysis*. Third edition. Cambridge University Press, London, UK, 333 p.
- Garcia, M., Donald, O.J. Ardanaz, C.E., Tonn, G.E., Sosa, M.E. (2005). Toxic and repellent effects of *Baccharis salcifolia* essential oil on *Tribolium castaneum*. *Pest Management Science*, 61:612-618.
- Gastagnoou, R., Guyotjeannin, C.H. (1969). *Traité de biologie appliquée: Toxicologie industrielle médicamenteuse et agricole*. Tome VII, Ed, librairie maloine, S.A, 543 p.
- Gentry, J.W. (1965). *Crop insects of Northeast Africa-Southwest Asia*. US Department of Agriculture, 273 p.

- Georgevits, R.P. (1981). Seed insects of *Robinia pseudoacacia*. Dasikon Ereunon, 2: 223-255.
- Georghiou, G.P., Lagunes-Tejeda, A. (1991). The occurrence of résistance to pesticides in arthropods. Food Agric. Organ. U. N., Rome. AGPP/MISC/91-1, 318 pp.
- Gill, S.S., Cowles, E.A., Pietrantonio, P.V. (1992). The mode of action of *Bacillus thuringiensis* δ -endotoxins. Ann. Rev. Entomol, 37: 615-636.
- Glare, T., O'Callaghan, M. (2000). *Bacillus Thuringiensis: Biology, Ecology and Safety*. ED. John Wiley & Sons, 432 p.
- Gonzalez, R.H., Cepeda, D. (1999). The carob-bean moth, *Spectrobates ceratoniae* (Zeller) (Pyralidae), a barrier to the implementation of mating disruption for control of codling moth on walnuts. Revista Fruticola, 20: 57-67.
- Google earth 2022. <https://www.google.com/intl/fr/earth/versions/>
- Gothilf, S. (1970). The biology of the carob moth *Ectomyelois ceratoniae* (Zell.) in Israel. III. Phenology on various hosts. Israel Journal of Entomology, 5:161-175.
- Guignard, J.L. (1995). Abrégé de botanique. Ed, Masson, 285 p.
- Guignard, J.L. (2004). Biochimie végétale. 2ème Ed, Dunod. Paris, 162- 194.
- Hadad, L. (2000). Quelques données sur la bio-écologie d'*Ectomyelois ceratoniae* dans les régions de Touggourt et Ouargla en vue d'une éventuelle lutte contre ce déprédateur. Mémoire d'Ing. ITDAS, Ouargla (Algérie), 62 p.
- Haddad, L. (2000). Quelques données sur la bioécologie d'*Ectomyelois ceratoniae* dans les régions de Touggourt et Ouargla, en vue une éventuelle lutte contre ce déprédateur. Mémoire Ing, ITAS Ouargla (Algérie). 62 p.
- Hampson, G.F. (1903). The moths of India. Journal of the Bombay Natural History Society, 15:19_37.
- Haouel, S., Mediouni-Ben Jemâa, J., Khouja, M.L. (2010). Postharvest control of the date moth *Ectomyelois ceratoniae* using eucalyptus essential oil fumigation. Tunisian Journal of Plant Protection, 5(2): 201-212.
- Harvey, A. (2013). Carob moth in Afghanistan. Outlooks on Pest Management, 24: 213-216.
- Hatem, N., Wakim, L. H., Nemer, N., Baydoun, S., Arnold Apostolides, N. (2018). Chemical composition and antimicrobial activity of *Verbascum caesareum*. Chemistry of Natural Compounds, 52(1), 125–126.

- Hernandez Ochoa, L.R. (2005). Substitution de solvants et matières actives de synthèse par un combine (solvant/actif) d'origine végétale. Thèse de Doctorat en Science des Procédés (option Sciences des Agroressources). Institut National Polytechnique, Toulouse, France, 33 p.
- Heydarzade, A., Gholamhossein, M., Gholamhossein, M. (2012). Contact toxicity and persistence of essential oils from *Foeniculum vulgare*, *Teucrium polium* and *Satureja hortensis* against *Callosobruchus maculatus* (Fabricius) (Coleoptera: Bruchidae) adults . Turkish Journal of Entomology, 36(4): 507-518.
- Honiball, F. Catling, H.D. (1998). Carob moth. In: Citrus pests in the Republic of South Africa. Bedford, E.C.G. and van den Berg, M.A. and de Villiers, E.A. Ed, Nelspruit:Agricultural Research Council, 210-211.
- Hough-Goldstein, J.A. (1990). Antifeedant Effects of Common Herbs on the Colorado Potato Beetle (Coleoptera : Chrysomelidae). Environ. Entomol. 19, 234-238.
- Hoyoux, J.M. (2002). Le vocabulaire de l'apiculteur: illustré d'extrait littéraires. Ed, presses agronomiques de Gembloux, 279p.
- Huignard, J. (2013). Les plantes et les insectes : une lutte permanente. Insectes, 168 (1): 1-8.
- Huisman, K. (1974). Interesting captures of Lepidoptera. Entomologische Berichten, 34: 153-154
- Idder, A. (1984). Inventaire des parasites d'*Ectomyelois ceratoniae* Zeller (Lepidoptera, Pyralidae) dans les palmeraies d'Ouargla et lâchers de *Trichogrammaem bryophagum* Hartig (Hymenoptera, Trichogrammatidae) contre cette pyrale. Mémoire d' Ingénieur. INA, El-Harrach, 63p.
- Idder, M., Idder, I., Saggou, H., Pintureau, B. (2009). Taux d'infestation et morphologie de la pyrale des dattes *Ectomyelois ceratoniae* Zeller sur différentes variété du palmier dattier *Phoenixdactylifera*. Cah.Agric. 18 (1): 63-71
- Idder, M.A. (1992). Aperçu biologique sur *Parlatoria blanchardi* Targ (*Homeptera. Diaspididinae*) en palmeraies à Ouargla et utilisation de son ennemi *Pharoscymnussemiglobosus* (Colepter, *Coccinellidae*) dans le cadre d'un essai de lutte biologique. Mémoire de magister en biologie. INA El-Harrach (Algérie), 102 p.
- Isman, M.B. (2006). Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. Annual Review of Entomology, 51: 45-66.
- Isman, M.B., Machial, C.M. (2006). Chapter 2, Pesticides based on plant essential oils: from traditional practice to commercialization, 29-44
- Isman, M.B., Wilson, J.A., Bradbury, R. (2008). Insecticidal activities of commercial rosemary oils (*Rosmarinus officinalis*) against larvae of *Pseudaletia unipuncta* and

- Trichoplusia ni*. in relation to their chemical compositions. *Pharmaceutical Biology*, 46(1): 82-87.
- Jacobs, S.N.A. (1933). *Aphomia gularis* (Zell.) and other rare warehouse moths. *The Entomologist*, 66, 195.
- Jacques, B. (1990). Les ravageurs du palmier dattier, Les moyens de lutte contre la cochenille blanche (*Parlatoria blanchardi* TARG). Station de Zoologie et de Lutte Biologique d'Antibes (France), 11: 273.
- Jacques, B. (1990). Les ravageurs du palmier dattier, Les moyens de lutte contre la cochenille blanche (*Parlatoria blanchardi* TARG). Station de Zoologie et de Lutte Biologique d'Antibes (France), vol:11, 273 p.
- Jammazi, A. (1994). Contribution à l'étude de la bioécologie d'*Ectomyelois ceratoniae* Zeller (Lepidoptera : Pyralidae) et possibilité de lutte biologique par utilisation de l'ectoparasite *Hbrobracon hebetor*. Mémoire de cycle de specialization, 65 p.
- Jammot, M. (2015). *Plants médicinales : herbario*. Madrid. Libsa, 180 p.
- Jouault, S. (2012). La qualité des huiles essentielles et son influence sur leur efficacité et sur leur toxicité, Thèse de Doctorat en Pharmacie. Université de Lorraine, 146 p.
- Jouve, P., Loussert, R., Mouradi, H. (2006). La lutte contre la dégradation des palmeraies dans les oasis de la région de Tata (Maroc). Colloque international. Les Oasis : Services et bien- être humain face à la désertification. Errachidia (Maroc), 6 p.
- Kaddem, S.E. (1990). *Les plantes médicinales en Algérie*, 67p.
- Kanda, M., Djaneye-Boundjou, G., Wala, K., Gnandi, K., Batawila, K., Sanni, A., Akpagana, K. (2013). Application des pesticides en agriculture maraîchère au Togo. *Vertigo. La revue électronique en sciences de l'environnement*, 13(1): 4-28.
- Kashkuli, A., Eghtedar, E. (1976). Biologie und Okologie von *Spectrobates ceratoniae* (Lep. Pyralidae) in der Provinz Fars. *Entomologie et Phytopathologie Appliquées*, 41: 21–32.
- Kassambara, A. (2017), *Practical Guide to Principal Component Methods in R*. Ed, STHDA, 186 p.
- Katika, L.M., Barbieria, A.M.E., Araujob, R.C., Veríssimoa, C.J., Louvandinic, H., Ferreirad, J.F.S. (2017). Synergistic interaction of ten essential oils against *Haemonchus contortus* in vitro. *Veterinary Parasitology*, 243: 47–51.

- Kemassi, A. (2014). Toxicité comparée des extraits d'*Euphorbia guyoniana* (Stapf.) (Euphorbiaceae), *Cleome arabica* L. (Capparidaceae) et de *Capparis spinosa* L. (Capparidaceae) récoltés de la région de Ghardaïa (Sahara septentrional) sur les larves du cinquième stade et les adultes de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera-Cyrtacanthacridinae). Thèse de doctorat en Écologie Saharienne et Environnement. Université de Kasdi Merbah-Ouargla, 264 p.
- Kenny, L., Hanafi, A. (2001). L'agriculture biologique au Maroc. Bulletin d'information du PNTTA (IAV), 82: 1-4.
- Ketoh, G.K., Koumaglo, H.K., Glitho, I.A., Huignard, J. (2006). Comparative effects of *Cymbopogon schoenanthus* essential oil and piperitone on *Callosobruchus maculatus* development. *Fitotherapia*, 77: 506-510.
- Khali, M. (2008). Effets de traitements simples et combinés sur la biologie et la biochimie de la datte en cours de conservation. Thèse de Doctorat en sciences alimentaires et nutrition. Institut National Agronomique, Alger (Algérie), 15 p.
- Kheyar, N., Meridja, D., Belhamel, K. (2014). Etude de l'activité antibactérienne des huiles essentielles d'*Inula viscosa*, *Salvia officinalis* et *Laurus nobilis* de la région de Bejaia. *Algerian Journal of Natural Products*, 2(1): 18-26.
- Khoualdia, O., R'houma A., Jarraya, A., Marro, JP., Brun, J. (1995). Un trichogramme, nouveau parasite d'*E. ceratoniae* Zeller (Lep: Pyralidae) en Tunisie. *Annales de l'Institut National de la Recherche Agronomique de Tunisie*, 68:145-151.
- Khoualdia, O., R'houma, A., Marro, J.P. (1996). Utilisation de *Trichogramma cacoeciae* Marchal (Hymenoptera, Trichogrammatidae) contre la pyrale des dattes. *Annales de l'INRAT*, 69: 197-205
- Kim, K.J., Kim, Y.H., Yu, H.H., Jeong, S.I., Cha, J.D., Kil, B.S., You, Y.O. (2003). Antibacterial activity and chemical composition of essential oil of *Chrysanthemum boreale*. *Planta Med*, 96(3): 274-277.
- Kiran, S.R., Devi, P.S. (2007). Evaluation of mosquitocidal activity of essential oil and sesquiterpenes from leaves of *Chloroxylon swietenia* DC. *Journal of Parasitology Research*, 101: 413-418.
- Kostyukovsky, M., Rafaeli, A., Gileadi, C., Demchenko, N., Shaaya, E. (2002). Activation of octopaminergic receptors by essential oil constituents isolated from aromatic plants: possible mode of action against insect pests. *Pest Manag. Sci.* 58, 1101-1106
- Kouninki, H., Hance, T., Djossou, J., Noudjou, F., Lognay, G., Malaisse, F., Ngassoum, MB., Mapongmetsem, P.M., NgamoT.L., Haubruge, E. (2010). Persistent effect of a preparation of essential oil from *Xylopiya aethiopica* against *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera, Bruchidae). *African Journal of Agricultural Research*, 5(14): 1881-1888.

- Krasil’Nikova, G.A. (1966). Conditions promoting adaptation of some pyralids to synanthropism. *Entomologicheskoe Obozrenie*, 45: 764-773.
- Lange, C.E. (1991). A *Nosema*-type microsporidian in *Ectomyelois ceratoniae* (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Invertebrate Pathology*, 58: 348-352
- Lawrence, M.B. (2007). *Mint: The genus Mentha. Medicinal and aromatic plants-Industrial profiles*. CRC Press Taylor and Francis, 556 p.
- Le Berre, M. (1975). Rapport d’activité et de recherche du laboratoire d’entomologie saharienne. MARA, Vol I, 73 p.
- Le Berre, M. (1978). Mise au point le problème du ver de la date, *Myelois ceratoniae* Zeller. *Bull. Agr. Sahar. I. (4)*: 1-35.
- Lebbouz, I. (2017). Etude de la pyrale des dattes *Ectomyelois ceratoniae* Zeller., 1839, dans la région de M’ghaier (Algérie), infestation, cycle de développement et essai bio insecticide. Thèse de Doctorat en agronomie. Université de Biskra, 45 p.
- Lebbouz, I., Mehaoua, M., Merabti, I., Bessahraoui, K., Ouakid, M. L. (2016). Ovicidal, larvicidal and adulticidal activities of essential oils from *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) against date moth. Department of biologic sciences, Ouargla, Biskra, Algérie. *International Journal of Biosciences*, 8(5): 148-149.
- Lee, S., Peterson, C., Jand Coast, J.R. (2004). Fumigation toxicity of monoterpenoids to several stored product insects. *Journal of stored products research*, 39(1): 77, 85.
- Leonard, M.D. (1933). Notes on insect conditions in Puerto Rico for the fiscal year, July 1931 thru June 1932. *Journal of the Department of Agriculture*, 17: 97–137.
- Lepigre A. (1963). Essais de lutte sur l’arbre contre la pyrale des dattes (*Myelois ceratoniae* Zeller –(Pyralidae). *Ann. Epiphyties*, 14(2): 85-105.
- Lhoste, J., Grison, P. (1989). *La Phytopharmacie française chronique historique*. Paris, INRA.
- Li, Y., Fabiano-atixier, A.S., Chemat, F. (2014). *Essential oils as reagents in green chemistry*. Ed, Springer, 71 p.
- Lichtfouse, E. (2009). *Sustainable Agriculture Reviews: Climate Change, Intercropping. Pest Control and Beneficial Microorganisms*. Dijon, Springer.
- Lopez, M.D., Jordan, M.J., Pascual Villalobos, M.J. (2008). Toxic compounds in essential oils of coriander caraway and basil active against stored rice pests. *Journal of Products research*, 44: 273-278.

- Louat, F. (2013). Etude des effets liés à l'exposition aux insecticides chez un insecte modèle, *Drosophila melanogaster*. Thèse de Doctorat. Université d'Orléans (France). 224 p.
- Louchahi, M. (2015). Enquête sur les conditions d'utilisation des pesticides en agriculture dans la région centre de l'algérois et la perception des agriculteurs des risques associés à leur utilisation. Mémoire de magistère. Ecole National Supérieur d'Agronomie (Algérie), 10-90 p.
- Lounsbury, C.P. (1919). Worms in walnuts. *South African Fruit Grower and Smallholder*, 6: 307–309.
- Lucia, A., Licastro, S., Zerba E., Audino, P.G., Masuh, H. (2009). Sensitivity of *Aedes aegypti* adults (Diptera: Culicidae) to the vapors of *Eucalyptus* essential oils. *Bioresource Technology* 100: 6083-608
- Lydie, S. (2010). La lutte biologique. Vers de nouveaux équilibres écologiques. Ed, Quae et Edicagri, 321 p.
- Maatallah, S. (2004). Contribution à la valorisation de la datte Algérienne. Mémoire Ing. INA El-Harrach (Algérie), 121 p.
- Maataoui, B.S., Hmyene, A., Hilali, S. (2006). Activités anti-radicalaires d'extraits de jus de fruits du figuier de barbarie (*Opuntia ficus indica*). *Lebanese Science Journal*, 7(1): 3-8
- Machado, M., Dinis., A.M., Salgueiro, L., Cavaleiro, C., Custódio, J.B.A., do Céu Sousa, M. (2010). Anti-giardia activity of phenolic-rich essential oils: effects of *Thymbra capitata*, *Origanum virens*, *Thymus zygis* subsp. *sylvestris*, and *Lippia graveolens* on trophozoites growth, viability, adherence, and ultrastructure. *Parasitology Research*, 106(5): 1205-1215.
- Margoum, C., Guillemain, C., Lavieille, D., Coquery, M. (2010). Développement et application in situ de la technique SBSE pour l'échantillonnage et le dosage de pesticides dans l'eau. 40eme congrès du Groupe Français des Pesticides, Banyuls sur Mer, 26-28 mai.
- María, P., Arraiza, C., Arrabal, J., López, V. (2012). Seasonal Variation of Essential Oil Yield and Composition of Sage (*Salvia officinalis* L.) Grown in Castilla - La Mancha (Central Spain). *Not Bot Horti Agrobi*, 40(2): 106-108.
- Marotti, M., Picaglia, R., Giovanelli, E. (1994). Effects of variety and ontogenic stages on the essential oil composition and biological activity of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Journal of Essential Oil Research*, 6: 57-62.
- Martinez-Sanudo, I., Mazzon, L., Vecchia, P.D., Bagnoli, B., Lucchi, A., Marchesini, E., Mori, N. (2013). Pyralidae Phycitinae in Italian vineyards: Behavioural and molecular genetic investigations. In A. Calonnec, C. Duso, C. Gessler, M. Maixner, D. Thiery, & T. Zahavi (Ed.), *Proceedings of the IOBC/WPRS Working Group Integrated Protection and Production in Viticulture*, 2–5 October 2011, Lacanau, France. *IOBC/WPRS Bulletin*, 85: 211–215.

- McFarlane, J. (1962). A note on the field infestation of pods of the tamarind tree, *Tamarindus indica* L., in Jamaica. Entomologist's Monthly Magazine, 97: 198-199.
- Mechaala, S., Bouatrous, Y., Erenler, R., Gok, M., Adouane, S. (2021). Dietary Risk of *bla*_{ESBL} Producing Multidrug Resistant *Enterobacteriaceae* and their Inhibition by *Artemisia herba-alba* and *Thymus algeriensis*. Journal of Essential Oil Bearing Plants, 24(3): 658-670.
- Mediouni, J. (2015). IPM approaches for stored date protection in Tunisia: Emphasis on alternative control methods against the date moth *Ectomyelois* Integrated Protection of Stored Products. IOBC-WPRS. Bulletin ,111: 301-308.
- Mediouni, J. (2005). Lute génétique contre la pyrale des caroubes *Ectomyelois ceratoniae* Zeller 1881 (Lepidoptères: Pyralidae) par le biais de la technologie des insectes stériles. Thèses de Doctorat en sciences agronomiques, INAT (Tunisie), 153 p.
- Mediouni, J., Dhouibi, M.H., (2007). Mass rearing and field performance of irradiated carob moth *Ectomyelois ceratoniae* in Tunisia pp 265-273. In Vreysen, M.J.B., A.S. Robinson, and J. Hendrichs (eds.) Area-wide control of insect pests. From research to field implementation. Springer Netherlands, Houten, Netherlands.
- Mehalaine, S., Belfadel, O., Menasria, A., Messaili, S. (2019). Composition chimique et activité antibactérienne des huiles essentielles de trois plantes médicinales récoltées de la région semi-aride Algérienne. Phytothérapie, 16: 155–163.
- Mehaoua, M.S. (2014). Abondance saisonnière de la pyrale des dattes (*Ectomyelois ceratoniae* Zeller., 1839), bioécologie, comportement et essai de lutte. Thèse de Doctorat en Sciences agronomiques. Université de Biskra, 25p.
- Mehri, M. (2008). Etude de l'impact de l'exposition à des mélanges de pesticides à faibles doses : caractérisation des effets sur des lignées cellulaires humaines et sur le système hématopoïétique murin. Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse (France), 140 p.
- Mehrnejad, M.R. (2001). The current status of pistachio pests in Iran, pp: 315 - 322 cité dans Cahiers options méditerranéennes. XIème colloque du Grempe sur le pistachier et l'amandier, 1- 4 septembre 1999, Zaragoza, Vol. 56, 415 p.
- Mercier, B., Prost, J., Prost, M. (2009). The essential oil of turpentine an dits majors volatile fraction (α - and β -pinenes): a review. International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health, 22(4): 331-342.
- Mewes, S., Kruger, H., Pank, F. (2008). Physiological, morphological, chemical, and genomic diversities of different origins of thyme (*Thymus vulgaris* L.). Genetic Resources and Crop Evolution, 55: 1303-1311.

- Michael, P. (1968). The carob moth. *Journal of Agriculture, Western Australia*, 9: 81-82.
- Milpied Homsí, B. (2009). *Progress en dermato-allergologie*. Tome xv. Ed, John libbey Eurotext, 129 p.
- Mineo, G. (1967). La *Myelois ceratoniae* Zeller infesta anche le olive. Università di Palermo Istituto di Entomologia, *Agraria*, 7: 5-7.
- Moghaddam, M., Omidbiagi, R., Sefidkon, F. (2007). Changes in content and chemical composition of *Tagetes minuta* oil at various harvest times. *Journal of Essential Oil Research*, 19(1): 18-20.
- Mossini, S.A.G., Kimmelmeier, C. (2005). AárvoreNim (*Azadirachta indica*A. Juss): Múltiplos Usos. *Acta Farm. Bonaerense*, 24(1): 139-48.
- Mouileh, Z. (2011). Evaluation des pratiques phytosanitaires à l'aide d'indicateurs de pression et de toxicité sur l'homme : Application dans le sous bassin versant de la merja zerga au Maroc. Mémoire de Master en science. Université de Ciheam-IAMM Montpellier (France), 147 p.
- Moumen, K. (1997). La transformation phasaire chez le Criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) Mécanique et action de l'alimentation. Thèse de DEA, (Tunisie), 38 p.
- Moussaoui, K.M., Tchoulak, Y. (2005). Enquête sur l'utilisation des pesticides en Algérie, Résultats et analyse. Ecole Nationale Polytechnique, Alger (Algérie), 11p.
- Moyse, H., Paris, R.R. (1971). Matière médicale. Tome III. Ed, Masson, Paris. 509 p.
- Mozaffarian, F., Mardi, M., Sarafrazi, A., Nouri Ganbalani, G. (2008). Assessment of geographic and host-associated population variations of the carob moth, *Ectomyelois ceratoniae*, on pomegranate, fig, pistachio, and walnut, using AFLP markers. *Journal of Insect Science*, 8(6): 1-9.
- Munier, P. (1973). Le palmier dattier. Paris: Ed, Maison-neuve et Larousse, 217 p.
- Navarro, S., Donahaye, E., Calderon, M., (1986). Development of the carob moth, *Spectrobates ceratoniae*, on stored almonds. *Phytoparasitica*, 13: 177-186.
- Nay, J.E., Perring, T.M. (2005). Impact of ant predation and heat on carob moth (Lepidoptera: Pyralidae) mortality in California date gardens. *Journal of Economic Entomology*, 98: 725-731.

- Ncibi, S. (2020). Potentiel bioinsecticide des huiles essentielles sur deux ravageurs des céréales stockées *Rhyzopertha dominica* (Fabricius, 1792) et *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797) et Identification de leurs ennemis naturels. These de doctorat en sciences agronomiques. Institut national agronomique de Tunisie, 65 p.
- Ndomo, A., Tapondjou, F., Tchouanguép, F. (2009). Evaluation des propriétés insecticides des feuilles de *callistemon viminalis* (Myrtaceae) contre les adultes d'*Acanthoscelids oblectus* (Say)(Coleoptera). *Tropicultura*, 27(3): 137-143.
- Nennah, G. (2011). Toxicity and growth inhibitory activities of method extract and B-carboline alkaloids of *Peganum harmala* L. against two coleopteran stored grain pests. *J. stored Prod Res*, 47: 255-261.
- Norouzi, A., Talebi, A., Fathipour, A.Y. (2008). Development and demographic parameters of the Carob moth *Apomyelois ceratoniae* on four diet regimes. *Bulletin of Insectology*. 61: 291-297.
- Nyamador, W.S., Ketoh, G.K., Amévoin, K., Nuto, Y., Koumaglo, H.K. (2010). Variation in the susceptibility of two *Callosobruchus* species to essential oils. *Journal of Stored Products Research*, 46 : 48-51.
- Obeng-Ofori, D., Reichmuth, C.H., Bekele, J., Hassanali, A. (1997). Biological activity of 1,8 cineol, a major component of essential oil of *Ocimum kenyense* (Ayobangira) against stored product beetles. *Journal Applied of Entomology*, 121: 237-243.
- Ojimelukwe, P.C., Adler, C. (1999). Potential of Zimtadehyde, 4-allyl-anisol, linalool, terpeneol and other phytochemicals for the control of confused Flour Beetle (*Tribolium confusum*) (Col: Tenebrionidae). *Journal of Pest Science*, 72: 81-86.
- Olsen, R.W., Tobin, A.J. (1990). Molecular biology of GABAA receptors. *Faseb J*, 4: 1469-1480.
- OMS. (1991). L'utilisation des pesticides en agriculture et ses conséquences sur la santé publique. Genève, 34 p.
- ONSSA. (2015). Etude sur le suivi de l'effet des pesticides sur la sante humaine et l'environnement. Rapport final (Maroc), 26-36 p.
- Ozenda, P. (1983). Flore du Sahara. Ed, CNRS, 416-442.
- PAN. (2005). Etude d'impact socio-économique, sanitaire et environnemental de l'utilisation des POPs à Davié au Nord de Lomé (région Maritime), Togo. Rapport d'étude, Lomé, IPEP, PAN (Togo), 37 p.

- Philogène, B.J.R. (1991). L'utilisation des produits naturels dans la lutte contre les insectes : problèmes et perspectives. La lutte anti-acridienne. Ed, AUPELF-UREF, John Libbey Eurotext, Paris, 269-278.
- Pintureau, B., Daumal, J. (1979). Les ectomyelois de l'ancien monde lep. pyralidae. Bulletin de la Société Entomologique de France, 84, 84-88.
- Popp, J., Pet-Ho, K., Nagy, J. (2013). Pesticide productivity and food security. A review. Agronomy for sustainable development, 33: 243–255.
- Prates, H.T., Santos, J.P., Waquil, J.M., Fabris, J.D., Oliveira, A.B., Foster, J.E. (1998). Insecticidal activity of monoterpenes against *Rhyzoperta dominica* (F.) and *Tribolium castaneum* (Herbst.). Journal of Stored Products Research, 34(4): 243-249.
- Priestley, C.M., Williamson, E.M., Wafford, K.A., Sattelle, D.B. (2003). Thymol, a constituent of thyme essential oil, is a positive allosteric modulator of human GABA receptors and a homo-oligomeric GABA(A) receptors and homo-oligomeric GABA receptor from *Drosophila melanogaster*. British Journal of Pharmacology, 140: 1363-1372.
- Quezel, P., Santa, S. (1963). Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Ed, CNRS, Tomes 2. Paris, 571-1170.
- Raâfet, M., Ben Khedher, S., Chaieb, S., Tounsi, M.H. (2017). Chemical composition and biological activities of *Salvia officinalis* essential oil from Tunisia. EXCLI J, 16: 160–173.
- Rahmoune, H., Mimeche, F., Guimeur, K., Cherif, K. (2018). Utilisation des pesticides et perception des risques chez les agriculteurs de la région de Biskra (Sud Est d'Algérie). International Journal of Environmental Studies, 1–12.
- Rajendran, S., Sriranjini, V. (2008). Plant products as a fumigant for stored product insect control. Journal of Stored Products Research, 44: 126–135.
- Real, P. (1948). Les Myelois parasites des dates (Lepidoptera: Phycitinae). Revue de Pathologie Végétale et d'Entomologie Agricole de France Paris, 27: 59-64.
- Regnault Roger, C. (2014). Produits de protection des plantes: Innovation et sécurité pour une agriculture durable. Ed, Lavoisier, 368 p.
- Regnault Roger, C., Phillogène, B.J.R. (2008). Past and current prospects for the use of botanicals and allelochemicals in integrated pest management. Pharmaceutical biology, 46 (1-2): 41-52.
- Regnault-Roger, C., Hamraoui, A. (1995). Fumigant toxic activity and reproduction inhibition induced by monoterpenes on *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera), a

bruchid of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal of Stored Products Research, 1: 291-299.

Regnault-roger, C., Vincent, C., Arnason, J.T. (2012). Essential oils in insect control : Low-risk products in a high-stakes world. Annual Review of Entomology, 57: 405-424.

Rice, P.J., aCoats, J.R. (1994). Insecticidal properties of several monoterpenoids to the house fly (Diptera: Muscidae), red flour beetle (Coleoptera: Tenebrionidae), and southern corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae). Journal of economic entomology, 87(5): 1172-1179.

Rocheffort, S., Lalancette, R., Roselyne, S., Brodeur, J. (2006). Recherche et développement de bio-pesticides et pesticides naturels à faible toxicité pour les organismes non ciblés et respectueux de l'environnement. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec (MDDEP), Université de Laval, 80 p.

Rosa, M., Martínez, M.J., Quílez S.M., Sotomayor, A. (2005). Effects of Edaphoclimatic Conditions on *Thymus hyemalis* L. Essential Oil Yield and Composition. Journal of Essential Oil Research, 17(6): 614-618.

Rota, M.C., Herrera, A., Martínez, R.M., Sotomayor, J.A., Jordán, M.J. (2008). Antimicrobial activity and chemical composition of *Thymus vulgaris*, *Thymus zygis*, and *Thymus hyemalis* essential oils. Food Control, 19(6): 681-687.

Sahayaraj, K. (1998). Antifeedant effect of some plant extracts on *Asian armyworm*, *Spodoptera litura* (Fabricius). Current Science, 74(6): 523-525.

Saruhan, I., Erper, I., Tuncer, C., Uçak, H., Öksel, C., Akça, I. (2014). Evaluation of Some Commercial Products of Entomopathogenic Fungi as Biocontrol Agents for *Aphis fabae* Scopoli (Hemiptera: Aphididae). Egyptian Journal of Biological Pest Control, 24(1): 225-28.

Saxena, C.R., Dixit, P.D., Harshan, V. (1992). Insecticidal action of *Lantana camara* against *Callosobruchus chinensis* (Coleoptera: Bruchidae). J. Stored Products Res. 28 (4): 279-281.

Schönfelder, P. (2014). Guide photo de la flore de Méditerranée . ED Delachaux et Niestlé, 318 p.

Schoonhoven, L.M., Derksen-Koppers, I. (1976). Effects of some allelochemicals on food uptake and survival of a polyphagous aphid, *Myzus persicae*. Entomologia Experimentalis et Applicata, 19: 52-56.

Seba, M.F. (2020) Performance de la phoeniciculture dans la wilaya de Biskra. Mémoire de Master en sciences agronomiques Spécialité. Université de biskra 54 -56 p.

- Serghiou, C.S. (1983). The citrus mealybug, *Planococcus citri* Risso-carob moth, *Ectomyelois ceratoniae* Zeller, Pest complex on grapefruit and its chemical control. Agricultural research institute, Technical bulletin 56.
- Shaaya, E., Ravid, U., Paster, N., Juven, B., Zisman, U. & Pissarev, V. (1991). Fumigant toxicity of essential oils against four major stored-product insects. *Journal of Chemical Ecology*, 17: 499-704.
- Shaaya, E., Ravid, U., Paster, N., Juven, B., Zisman, U., Pissarev, V. (1997). Fumigant toxicity of essential oils against four major stored-product insects. *Journal of Chemical Ecology*, 17: 499- 504.
- Shafik, M. (1938). Constant temperature hot air sterilizer for the control of *Ephestia* and *Myelois* on Dates. *Bulletin de la Société Fouad Ier d'Entomologie*, 22: 233-264.
- Sheppard, R.A. (1926). Insect pests imported on miscellaneous plant products. In 56th annual report of the Entomological Society of Ontario, 1925, Canada, 50–54.
- Sonda, M. (1963). An interception of the locust bean moth, *Ectomyelois ceratoniae* (Zeller), in Japan, on English walnuts from Italy (Lepidoptera, Pyralididae). *Kontyu*, 31: 292–293.
- Soro, L.C., Grosmaire, L., Ocho-Anin Atchibri, A.L., Munier, S., Menut, C., Pelissier, Y. (2015). Variabilité de la composition chimique de l'huile essentielle des feuilles de *Lippia multiflora* cultivées en Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 88: 8180-8193.
- Sotomayor, J.A., Martínez, C., Moñino, M.I., Lax, V., Quílez, M., Jordán, M.J. (2009). Effect of Altitude on *Rosmarinus officinalis* L. Essential Oil in Murcia (Spain). *Acta Horticulturae*, 826: 309-316.
- Stamopoulos, D.C., Damos, P., Karagiandou, G. (2007). Bioactivity of five monoterpenoid vapours to *Tribolium confusum* (du Val) (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal Of Stored Products Research*, 43: 571-577.
- Stanbury, P.F., A, Whitaker., Hall, S.J. (1995). *Principles of Fermentation Technology*. 2d Ed. Elsevier Science, New York: Ltd.
- Su, H.J., Chao, C.J., Chang, H.Y., Wu, P.C. (2007). The effects of evaporating essential oils on indoor air quality. *Atmospheric environment*, 41: 1230-1236.
- Sumpich, J., Skyva, J. (2008). Faunistic records from the Czech Republic Lepidoptera: Tineidae, Gracillariidae, Gelechiidae, Tortricidae, Alucitidae, Pyralidae. *Klapalekiana*, 44: 83–85.

Sutour, S. (2010). Etude de la composition chimique d'huiles essentielles et d'extraits de menthes de corse et de kumquats. Thèse de doctorat en biologie. Université de Corse Pascal Paoli, 221 p.

Suty, L. (2010). La lutte biologique. Ed, Educagri, 328 p.

Swezey, O.H. (1923). The Erythrina Twig-Borer (*Terastia meticulosalis*) in Hawaii (Pyrilidae, Lepidoptera). Proceedings of the Hawaiian Entomological Society, 5: 297–298.

Tantaoui-elaraki, A., Ferhout, H., Errifi, A. (1993). Inhibition of the fungal asexual reproduction stages by three Moroccan essential oils. Journal of Essential Oil Research, 5: 535–545.

Tapondjou, L.A., Alder, C., Fontem, D.A., Bouda, H., Reichmuth, C. (2005). Bioactivities of cymol and essential oils of *Cupressus sempervirens* and *Eucalyptus saligna* against *Sitophilus zeamais* Motschulsky and *Tribolium confusum* du Val. Journal of Stored Products Research, 41: 91-102.

Tchoumboungang, F. (1997). Contribution à la détermination des teneurs ,des caractéristiques chimiques et des activités antifongiques des huiles essentielles de quelques plantes aromatiques et condimentaires et médicinales du Cameroun. Thèse de doctorat en Biochimie. Université de Yaoundé (Cameroun), 270 p.

Thakore, Y. (2006). The biopesticide market for global agriculture use. Ind. Biotechnol, 02: 194-208.

Tia, E.V., Lozano, P., Lozano, Y.F., Martin, T., Niamké, S., Adima, A.A. (2013). Potentialité des huiles essentielles dans la lutte biologique contre la mouche blanche *Bemisia tabaci* Genn. Phytothérapie, 11(1), 31-38.

Tokmakogiu, C., Soyly, Z., Deveciouglu, H. (1967). Studies on the biology and methods of controlling carob worm, *Myelois ceratoniae*. Bitki Koruma Bülteni, 7: 91-106.

TRABUT. (1923). Diseases and enemies of the fig tree. Agricultural Bulletin of Algeria, Tunisia, Morocco, 29, 117–124.

Trindade, H., Pedro, L.G., Figueiredo, A.C. Barroso, J.G. (2018). Chemotypes and terpene synthase genes in *Thymus* genus: State of the art. Industrial Crops and Products, 124, 530–547.

Van den Dool, H., Kratz, P.D. (1963). A generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas-liquid partition chromatography. Journal of Chromatography, 11: 463–471.

- Vaughan, H. (1870). Descriptions of three species of Phycidae (from Britain) new to science. *Entomologist's Monthly Magazine*, 7: 130–132.
- Visser, J.H. (1986). Host odor perception in phytophagous insects. *Annual Review of Entomology*, 31: 121-144.
- Voet, D., Voet, J.G. (2005). *Biochimie*, Ed, De Boeck Supérieur, 33 p.
- Volák, J., Stodola, J. (1983). *Plantes médicinales*. Éd, ARTIA, 319 p.
- Warner, R.L. (1988). Contributions to the biology and the management of the carob moth, *Ectomyelois ceratoniae* (Zeller) in 'Deglet Noor' date gardens in the Coachella Valley of California. These de doctorat en agronomie. University of California (USA), 260 p.
- Weaver, D. K., Wells, C. D., Dunkel, F. V., Bertsch, W., Sing, S. E., Sriharan, S. (1994). Insecticidal activity of floral, foliar, and root extracts of *Tagetes minuta* (Asterales: Asteraceae) against adult Mexican bean weevils (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Economic Entomology*, 87(2): 1718-1725.
- Wertheimer, M. (1958). Un des principaux parasites du palmier dattier algérien : le Myelois décoloré. *Fruits*, 13(8): 109-123.
- Whalon, M.E., Wingerd, B.A. (2003). Bt: Mode of Action and Use. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 54: 200-211.
- Wilaya de Biskra. 2020. <http://wilayabiskra.dz>
- Wilkinson, D.S. (1925). Entomological notes. *Cyprus Agricultural Journal*, 20: 9-10.
- Www.Tutiempo.net/en. (2018). Weather. Climate. Africa. Algeria. Biskra.
- Yari, M., Valizadeh, R., Naserian, A.A., Jonker, A., Azarfar, A., Yu, P. (2014). Effects of including alfalfa hay cut in the afternoon or morning at three stages of maturity in high concentrate rations on dairy cows performance, diet digestibility and feeding behavior. *Anim Feed Sci Technol*. 192: 62-72.
- Yoshiyasu, Y., Kitatsuji, R. (2008). Discovery of *Ectomyelois ceratoniae* (Lepidoptera, Pyralidae) in a peach orchard in Japan. *Scientific Reports of Kyoto Prefectural University, Life and Environmental Sciences*, 60: 31–37.
- Younsi, F., Rahali, N., Mehdi, S., Boussaid, M. and Messaoud, C. (2018). Relationship between chemotypic and genetic diversity of natural populations of *Artemisia herba-alba* Asso growing wild in Tunisia. *Phytochemistry*, 148, 48–56.

Yousefi, M., Rahimi-Nasrabadi, M., Pourmortazavi, S.M., Wysokowski, M., Jesionowski, T., Ehrlich, H., Mirsadeghi, S. (2019). Supercritical fluid extraction of essential oils. *TrAC Trends Anal Che*, 3: 22-45.

Zimmerman, E.C. (1958). *Insects of Hawaii, Lepidoptera: Pyraloidea. Ectomyelois ceratoniae*. University of Hawaii Press, Honolulu, Hawaii, 8: 360–361.

Zouioueche, F.Z. (2012). Comportement de la pyrale des dattes *Ectomyelois ceratoniae* Zeller, vis-à-vis de trois variétés de palmier dattier dans la région de Biskra. Thèse de Magister. ENA, Alger, (Algérie), 118 p.

Zrira, S., El khiran, F., Benjllal, B. (1994). Huiles essentielles de six espèces xérophytes d'*Eucalyptus*: effet du milieu sur les rendements et la composition-chimique. *Actes Inst. Agron. Veto*, 14(1): 5-9.

